DAFTAR ISI

Bab

1

PENDAHULUAN

A. Pengenalan Proses Penyambungan Logam

Penyambungan logam adalah suatu proses menggabungkan atau menyatukan dua atau lebih bagian-bagian logam. Secara umum, jenis sambungan logam ada dua, yaitu sambungan lepas dan sambungan tetap. Sambungan lepas adalah jenis sambungan yang dapat dilepas atau dibuka tanpa merusak konstruksi atau bagian benda yang disambung; sedangkan sambungan tetap adalah jenis sambungan yang tidak dapat dilepas atau dibuka tanpa merusak konstruksi atau bagian benda yang disambung.

Dalam pekerjaan fabrikasi logam, berbagai metode atau proses diperlukan untuk menyambung logam, baik untuk jenis sambungan lepas maupun sambungan tetap, yakni tergantung pada kebutuhan dan kondisi benda kerja yang akan disambung.

Untuk jenis sambungan lepas banyak digunakan proses sambungan mur-baut, sambungan pasak, dan kopling; sedangkan untuk penerapan jenis sambungan tetap banyak digunakan sambungan las, sambungan lipat, dan sambungan keling.

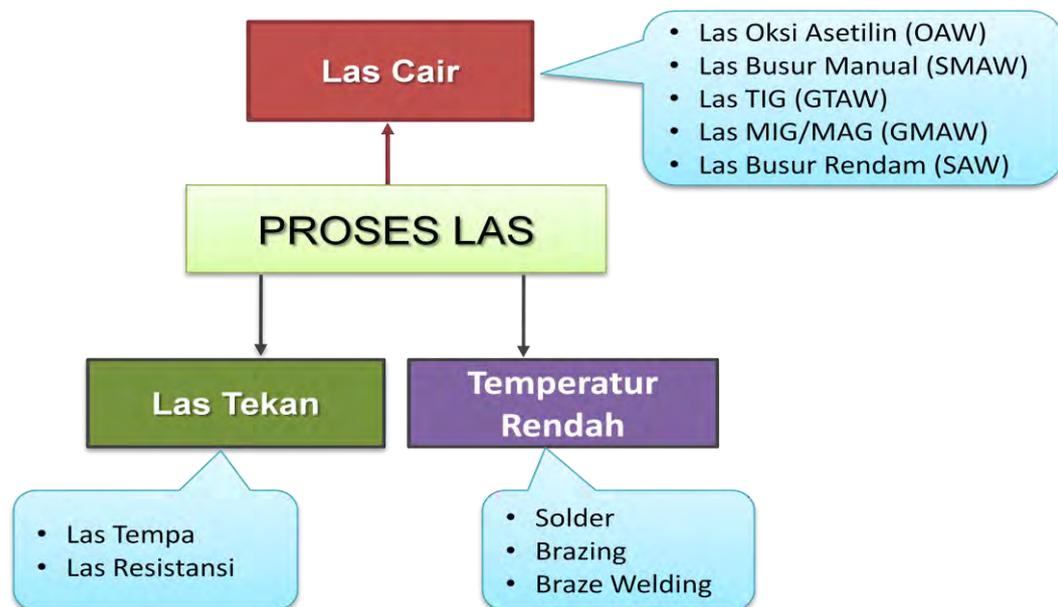
Sesuai dengan perkembangan ilmu dan teknologi (IPTEK), dewasa ini pekerjaan fabrikasi logam, khususnya untuk pekerjaan konstruksi yang relatif berat lebih banyak digunakan proses las, karena lebih ekonomis, cepat, dan rapat bila dibandingkan dengan sambungan keling. Disamping itu, sambungan las, memiliki variasi yang lebih banyak, sehingga lebih banyak pilihan dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi pekerjaan.

Proses sambungan las termasuk sambungan dengan menggunakan panas, yang secara umum dibagi menjadi tiga jenis, yaitu: las dengan temperatur rendah, las cair (*fusion welding*), dan las tekan, dimana masing-masingnya terbagi menjadi beberapa proses. Untuk lebih jelasnya, dapat digambarkan sebagai berikut.

PROSES LAS

Las Cair
- Las Oksi Asetilin (OAW)
- Las Busur Manual (SMAW)
- Las TIG (GTAW)
- Las MIG/MAG (GMAW)
- Las Busur Rendam (SAW)

Las Tekan
- Las Tempa
- Las Resistansi

Temperatur Rendah
- Solder
- Brazing
- Braze Welding

Untuk mempelajari dan berlatih berbagai jenis dan proses penyambungan logam tersebut di atas, diperlukan peralatan dan mesin yang beragam, biaya yang relatif tinggi, serta waktu yang cukup lama. Oleh sebab itu, sesuai Paket Keahlian Teknik Fabrikasi Logam yang

merupakan bagian dari Program Studi Keahlian Teknik Mesin, maka pada bahan ajar ini akan dijelaskan dua macam proses penyambungan logam, yakni: penyambungan logam dengan proses las oksi asetilin dan proses las busur manual.

B. Kompetensi Dasar dan Pengalaman Belajar

Kompetensi Dasar	Pengalaman Belajar
Setelah mempelajari dan berlatih tentang materi Las Oksi Asetilin dan Las Busur Manual, peserta didik diharapkan mampu: 1. mengamalkan perilaku jujur, disiplin, teliti, kritis, rasa ingin tahu, inovatif dan tanggung jawab dalam dalam mengaplikasikan teknik penyambungan logam ; 2. menghargai kerjasama, toleransi, damai, santun, demokratis, dalam menyelesaikan masalah perbedaan konsep berpikir; 3. menunjukkan sikap responsif, proaktif, konsisten, dan berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan; 4. memahami dan menerapkan teknik penyambungan logam menggunakan las oksi asetilin 5. memahami dan menerapkan teknik penyambungan logam menggunakan las busur manual.	Melalui bahan ajar Las Oksi Asetilin dan Las Busur Manual, peserta didik diharapkan akan memperoleh pengalaman belajar: 1. mengamati, mengekslorasi berbagai proses penyambungan logam; 2. mengkaji, menyimpulkan dan mengkomunikasikan konsep, karaktertik dan kondisi otentik tentang penerapan sambungan las oksi asetilin dan las busur manual dalam pekerjaan fabrikasi logam; 3. menerapkan kompetensi las oksi asetilin dalam pekerjaan fabrikasi logam sesuai dengan standar yang berlaku (SOP); 4. menerapkan kompetensi las busur manual dalam pekerjaan fabrikasi logam sesuai dengan standar yang berlaku (SOP

- *Barangsiapa menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan ke sorga.*
- *Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.*

Bab 2

LAS OKSI ASITILIN

A. Pengertian Las Oksi Asetilin

Las oksi asetilin merupakan proses las cair yang panasnya diperoleh dari pembakaran campuran gas oksigen dan asetilin menghasilkan nyala api atau disebut juga nyala api las.

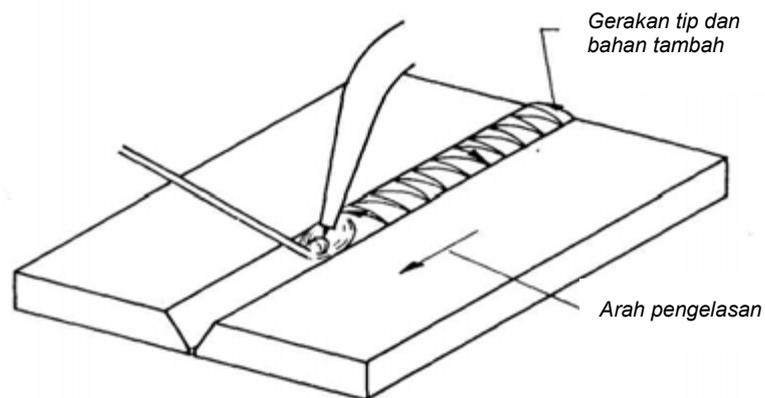
Dalam perkembangan teknologi pengelasan, proses las asetilin sudah banyak ditinggalkan dan mulai jarang dipakai dalam proses penyambungan logam, karena secara ekonomis kurang menguntungkan dibanding dengan proses-proses las yang lain. Namun demikian, untuk aplikasi tertentu kita masih membutuhkan las oksi asetilin.

Secara teknis, las oksi asetilin dapat digunakan untuk menyambung bahan yang relatif tipis sampai dengan ketebalan sedang, dan akan lebih mahal untuk mengelas bahan yang lebih tebal, sehingga sesuai digunakan untuk pekerjaan fabrikasi ringan atau industri karoseri kendaraan.

Proses las oksi asetilin memerlukan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja (K3), karena jenis pekerjaan ini beresiko terhadap kesehatan dan dapat menimbulkan kecelakaan kerja jika tidak mengindahkan ketentuan atau aturan K3 dalam melakukan pengelasan. Pada umumnya las oksi asetilin dilakukan secara manual dan

penyambungan dapat menggunakan atau tanpa menggunakan bahan tambah/pengisi. Oleh sebab itu, dalam melakukan pengelasan diperlukan pemahaman tentang K3, peralatan, teknik-teknik dan berlatih keterampilan pengelasan sesuai dengan standar operasional prosedur (SOP).

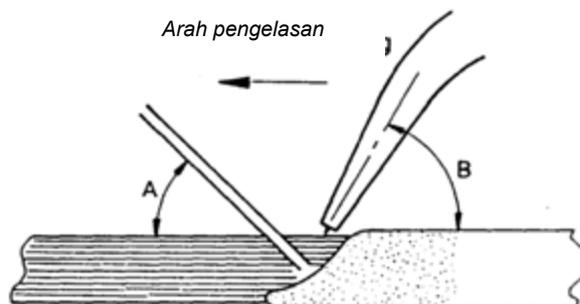
Sebagai ilustrasi awal dalam memahami proses las oksi asetilin, perhatikanlah gambar berikut.

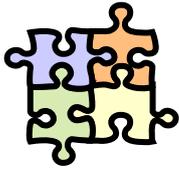
Gerakan tip dan bahan tambah

Arah pengelasan

Gambar : Proses Las Oksi Asetilin

Arah pengelasan

A

B

Gambar :. Posisi Tip dan Bahan Tambah

Dari gambar di atas, diperlihatkan salah satu bentuk konstruksi sambungan las dan bagaimana posisi benda kerja terhadap bahan tambah dan tip las dan arah pengelasan.

Tugas 2.1

- *Setelah membaca materi pendahuluan dan pengertian tentang las oksi asetilin, coba kalian cari buku lain atau melalui internet, tentang pengertian dan perkembangan teknologi las oksi asetilin. Kemudian, diskusikan dengan teman-teman tentang materi yang kalian peroleh.*
- *Coba kalian amati tukang las di bengkel-bengkel yang ada disekitar/ lingkungan kalian, kemudian buat catatan tentang apa saja alat-alat yang mereka gunakan (termasuk perlengkapan K3 yang mereka gunakan), dan bagaimana cara kerjanya.*

Kalian dapat melakukan tugas ini secara berkelompok, sehingga hasil pengamatannya bisa berbagi dengan teman-teman sekelompok.

B. Keselamatan dan Kesehatan Kerja Las Oksi Asetilin

1. Gangguan Kesehatan dan Penyebab Kecelakaan Kerja

Pekerjaan las oksi asetilin merupakan salah satu jenis pekerjaan yang cukup berpotensi menyebabkan gangguan terhadap kesehatan dan dapat menyebabkan kecelakaan kerja.

Gangguan kesehatan dan kecelakaan secara umum dapat disebabkan oleh beberapa faktor, yakni operator atau teknisi las itu sendiri, mesin dan alat-alat las, serta lingkungan kerja. Adapun secara rinci gangguan kesehatan atau kecelakaan tersebut dapat disebabkan oleh hal-hal berikut: (1) kelalaian operator/ teknisi, (2) kondisi peralatan yang tidak layak pakai, (3) sinar las, (4) debu dan asap, (5) panas/ api, (6) kejatuhan benda, serta (7) bising/ suara di atas standar pendengaran.

a. Kelalaian

Kelalaian dalam bekerja adalah penyebab kecelakaan kerja yang sering terjadi pada kerja las oksi asetilin. Bentuk kelalaian tersebut diantaranya: tidak mengikuti instruksi dan prosedur kerja (SOP) yang ditentukan, tidak menggunakan alat keselamatan dan kesehatan kerja yang dianjurkan, melakukan tindakan "bodoh" (bermain-main sambil bekerja atau tidak serius), dan tidak peduli dengan daya tahan tubuh dalam bekerja sehingga terjadi kelelahan kerja.

b. Kondisi peralatan

Kondisi peralatan yang tidak dilengkapi pengaman atau kondisi tidak aman, akan sangat memungkinkan terjadinya kecelakaan, terutama jika pada kondisi tersebut tidak adanya rambu-rambu peringatan serta kurangnya kepedulian terhadap ancaman bahaya kecelakaan. Misalnya, slang gas yang sudah tidak layak pakai (retak), sehingga akan dapat bocor dan akan menimbulkan bahaya kebakaran atau ledakan kapan saja tanpa ada peringatan. Demikian juga perlengkapan yang tidak layak pakai atau kurang perawatan akan menyebabkan tidak berfungsi sebagaimana mestinya.

c. Sinar las

Dalam proses las oksi asetilin akan menimbulkan sinar/ cahaya, dimana cahaya yang dominan hanyalah cahaya tampak yang cukup terang. Walaupun cahaya ini tidak begitu kuat atau tidak sekuat cahaya pada pekerjaan las listrik, namun akan berdampak pada kelelahan mata jika tidak menggunakan kaca

penyaring yang sesuai. Cahaya tampak yang terang dan menyilaukan yang masuk ke mata akan diteruskan oleh lensa dan kornea mata ke retina mata. Bila cahaya ini terus menerus masuk ke mata, maka mata akan segera menjadi lelah dan sakit. Rasa lelah dan sakit pada mata sifatnya hanya sementara, namun kalau terjadi berulang-ulang dan dalam waktu yang lama, maka akan berpengaruh pada saraf-saraf disekitar mata, sehingga akan dapat menimbulkan rasa sakit pada mata dan pusing/ sakit kepala.

d. Debu dan Asap

Debu pada proses las ditimbulkan dari kotoran yang menempel pada permukaan bahan atau karat dan terak-terak halus yang dihasilkan oleh proses las. Sedangkan asap ditimbulkan oleh proses penyalaan api las, misalnya saat “nyala awal”.

Debu dan asap yang ditimbulkan oleh proses las oksi asetilin, terutama pada pengelasan bahan yang telah berkarat dapat terhisap dan akan masuk ke rongga paru-paru, sehingga akan menimbulkan penyakit, seperti batuk dan sesak napas dan lain sebagainya.

e. Panas

Panas yang ditimbulkan oleh proses las oksi asetilin berasal dari api las, panas bahan yang dilas, maupun dari loncatan logam cair . Sebagaimana umumnya benda panas, maka panas yang terjadi akibat proses las perlu diperhatikan dengan baik, karena resiko kecelakaan akibat panas benda kerja cukup sering terjadi

apabila tidak mengikuti prosedur kerja dan tidak mengindahkan penggunaan alat-alat keselamatan dan kesehatan kerja.

Adapun kemungkinan kecelakaan yang terjadi antara lain adalah luka bakar pada tangan saat memegang bahan las tanpa menggunakan tang panas/ sarung tangan atau oleh loncatan api las/ cairan las yang mengenai bagian tubuh yang terbuka (misalnya kepala) atau kaki.

Luka bakar yang diakibatkan oleh proses pengelasan adalah karena adanya pencairan benda kerja antara 1200–1500 °C. Hal ini dapat mengakibatkan luka bakar pada kulit, sehingga dapat menyebabkan kulit melepuh/ terkelupas.

f. Kejatuhan benda

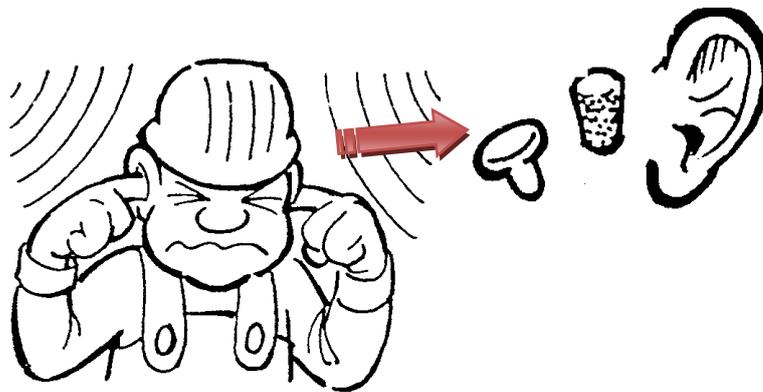
Resiko kejatuhan benda saat kerja las dapat saja terjadi, terutama ketika persiapan las (*setting*) dan melakukan perbaikan atau membersihkan hasil las. Untuk itu, kehati-hatian dalam bekerja sangat dituntut dalam hal ini, karena kejatuhan benda kerja dapat mengakibatkan cedera ringan sampai berat, misalnya luka atau memar.

g. Bising/ suara di atas standar pendengaran

Standar kemampuan pendengaran manusia adalah sekitar 90 desibel (dB) dan akan mengganggu (merasa sakit) pada alat pendengaran bila suara yang ditimbulkan tersebut (tingkat kebisingannya) di atas 120 dB.

Pada proses las dengan gas oksi-asetilin, relatif tidak bising, namun kebisingan akan terjadi saat memukul/ meratakan benda

kerja di atas landasan, atau mengerinda benda kerja yang relatif tipis.

Untuk itu, dianjurkan untuk menggunakan alat pelindung telinga (*ear plug*), jika suara yang ditimbulkan mengganggu pendengaran/ bising.

2. Pencegahan Kecelakaan pada Pekerjaan Las oksi asetilin

Hal yang paling mendasar yang perlu diperhatikan dalam pekerjaan yang mengandung resiko kecelakaan adalah melakukan pekerjaan sesuai standar operasional prosedur (SOP) yang telah ditentukan dan bekerja secara serius, serta hati-hati di setiap langkah pekerjaan. Namun demikian, ada kelengkapan kerja yang perlu disiapkan dan hal-hal yang perlu diperhatikan agar terhindar dari kecelakaan kerja, yakni sebagai berikut:

a. Menggunakan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) berupa alat pelindung diri (APD) atau *personal protective equipment (PPE)* yang dipersyaratkan, antara lain: pakaian kerja, apron/ jaket las, sarung tangan, kaca mata las (*gogles*), sepatu *safety*, dan *ear plug*, dan lain-lain.

Gambar: Contoh APD

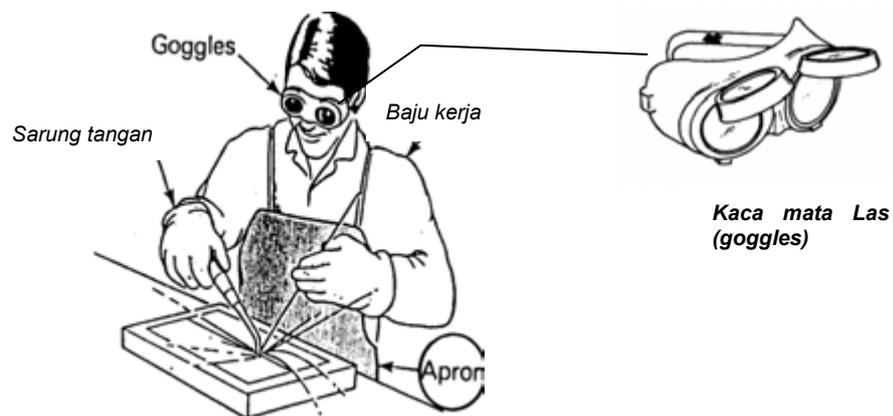
Penggunaan APD dalam melakukan pengelasan adalah untuk melindungi diri sendiri dari cahaya dan panas yang ditimbulkan oleh proses las oksi asetilin.

Tindakan terbaik adalah bila kalian memakai baju dari bahan yang tidak mudah terbakar, celana yang kuat dan sepatu *boot* atau sepatu keselamatan kerja (*safety shoes*) yang sesuai. Pakaian tersebut sebaiknya dilindungi oleh sarung tangan yang panjang, penutup sepatu, apron yang menutup seluruh badan yang semuanya dibuat dari kulit.

Sebaiknya kalian tidak memakai pakaian dari nilon atau kain yang sejenis atau kaos kaki dari plastik. Pakaian yag dibuat dari bahan tersebut adalah berbahaya bila hal itu berhubungan/ bersentuhan dengan panas atau api.

Rambut harus ditutup dengan topi yang nyaman. Kalian juga harus memakai kacamata las yang dibuat dari kaca atau plastik ringan.

Ukuran kaca penyaring sebaiknya sesuai dengan yang dianjurkan yaitu *shade* 4 sampai 6 untuk pengelasan secara umum.

Berikut ini adalah gambar yang mengilustrasikan bagaimana selayaknya kalian menggunakan APD dalam melakukan mengelasan dengan proses las oksi asetilin.

b. Menggunakan pembatas atau pelindung daerah kerja agar orang lain tidak terganggu, atau bekerja di tempat yang terpisah dari pekerjaan lain. Hal tersebut diperlukan karena dalam proses las kadangkala perlu penanganan material dengan menggunakan alat berat, misal forklif untuk mengangkat atau memindahkan benda kerja.

c. Melengkapi daerah kerja (bengkel) dengan rambu-rambu keselamatan kerja.

   Pada bengkel-bengkel kerja las, terutama pada industri yang mempekerjakan banyak orang, maka rambu-rambu penggunaan peralatan keselamatan dan kesehatan kerja serta tanda-tanda peringatan amatlah penting. Hal ini adalah demi terhindarnya seluruh orang (pekerja dan non pekerja) dari resiko kecelakaan.

   Untuk itu, pada tempat-tempat atau daerah kerja yang memerlukan penggunaan alat-alat keselamatan kerja harus diberi

tanda peringatan/ rambu-rambu yang mengharuskan seseorang yang bekerja atau berada ditempat tersebut untuk menggunakan APD yang ditentukan untuk bekerja/ berada daerah tersebut.

Berikut ini adalah contoh-contoh rambu-rambu keselamatan kerja yang banyak digunakan pada bengkel secara umum.

No.	RAMBU-RAMBU	ARTI RAMBU-RAMBU
1.		**Helm pengaman harus dipakai !**
2.		**Sepatu kerja/ pengaman harus dipakai !**
3.		**Sarung tangan harus dipakai !**
4.		**Kaca mata pengaman harus dipakai !**
5.		**Pengaman telinga harus dipakai !**

No.	RAMBU-RAMBU	ARTI RAMBU-RAMBU
6.		**Saringan pernafasan harus dipakai !**
7.		**Hati-hati !**

Catatan :

Penempatan rambu-rambu disesuaikan dengan kondisi dan tuntutan pekerjaan.

d. Menyediakan obat-obatan untuk pertolongan pertama pada kecelakaan (PPPK).

Resiko kecelakaan yang banyak terjadi pada kerja las oksi asetilin adalah jenis luka bakar dan goresan ringan sampai sedang. Luka bakar dapat terjadi pada seluruh anggota tubuh, terutama pada tangan dan kaki, baik diakibatkan oleh panas langsung, benda kerja yang panas ataupun oleh sinar las, serta oleh percikan api las. Adapun luka tergores atau terpotong dapat disebabkan oleh sisi-sisi tajam benda kerja ataupun oleh alat-alat bantu las.

Secara umum obat-obatan yang perlu disediakan pada bengkel las adalah obat-obatan yang umum dipakai pada bengkel-bengkel kerja pada umumnya. Untuk obat-obatan mata, diperlukan obat tetes khusus untuk mata disamping obat pembersih mata yang dipakai sebelum obat tetes (*boor water*).

Berikut ini adalah macam-macam obat-obatan/ peralatan PPPK yang disarankan untuk disediakan pada bengkel las dengan gas:

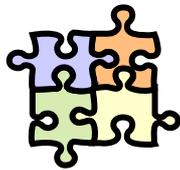
1. Obat luka bakar (misalnya *Livertran* atau sejenisnya);
2. Obat luka (misalnya *Betadine* atau obat merah, untuk luka tergores/ terpotong ringan sampai dengan sedang);
3. Pembersih mata (misalnya *boor water*, untuk pembersih mata sebelum diberi obat tetes mata);
4. Obat tetes mata (sesuai anjuran dokter atau yang umum tersedia dipasaran);
5. Verban, kapas, *band aid* (spt. Tensoplast, Handyplast, dan lain-lain).

RANGKUMAN

Setiap pekerjaan akan ada resikonya baik kecil ataupun besar. Seorang teknisi atau operator las harus memperhatikan keselamatan dan kesehatan kerja karena dapat mengganggu kesehatan dan berbagai resiko kecelakaan, yang disebabkan oleh: operator atau teknisi itu sendiri, mesin dan alat-alat las, serta lingkungan kerja.

Kecelakaan kerja tidak dapat diprediksi kapan akan terjadi, namun dapat dihindari atau dicegah sebelum kecelakaan itu datang dengan melakukan pekerjaan menurut SOP dan teknik yang benar serta harus memperhatikan kondisi kesehatan sebelum melakukan pekerjaan. Disamping itu, kita juga harus peduli terhadap rambu-rambu keselamatan dan memperhatikan penggunaan APD untuk melindungi diri dari resiko mengganggu kesehatan dan kecelakaan yang diakibatkan oleh: kelalaian, peralatan yang tidak dilengkapi oleh pengaman atau tidak layak pakai,

sinar las, debu dan asap, panas/ api, kejatuhan benda, serta bising/ suara di atas standar pendengaran.

Pertolongan pertama pada kecelakaan (P3K) perlu dilakukan dan merupakan tindakan segera harus dilakukan jika terjadi suatu kecelakaan. Untuk itu, seorang operator las sedikitnya perlu mengetahui langkah-langkah dalam penanganan kecelakaan dan penggunaan obat-obat yang diperlukan untuk tindakan tersebut, antara lain: obat luka bakar, obat luka, pembersih dan obat tetes mata, serta verban/ *band aid,* dan sebagainya.

Tugas 2.2

Setelah mempelajari materi tentang keselamatan dan kesehatan kerja las oksi asetilin, coba kalian bentuk kelompok yang terdiri dari 4-5 orang teman, kemudian lakukan kegiatan sebagai berikut:

- *Lakukan observasi terhadap kondisi dan kelengkapan peralatan keselamatan dan kesehatan kerja pada bengkel las oksi asetilin tempat kalian akan melakukan praktik las.*
- *Masing-masing kalian harus membuat catatan masing-masing tentang kegiatan dan hasil observasinya.*
- *Diskusikan hasil observasi kalian dengan sesama teman satu kelompok, kemudian buat laporan singkat tentang temuan/ hasil observasi yang kalian lakukan.*
- ***Pilihlah salah seorang dari kelompok kalian untuk menjadi "presenter".***
- *Presentasikan hasil observasi kelompok kalian kepada guru dan teman-teman kelompok lain.*

C. Peralatan Las Oksi Asetilin

1. Gas Oksigen dan Asetilin

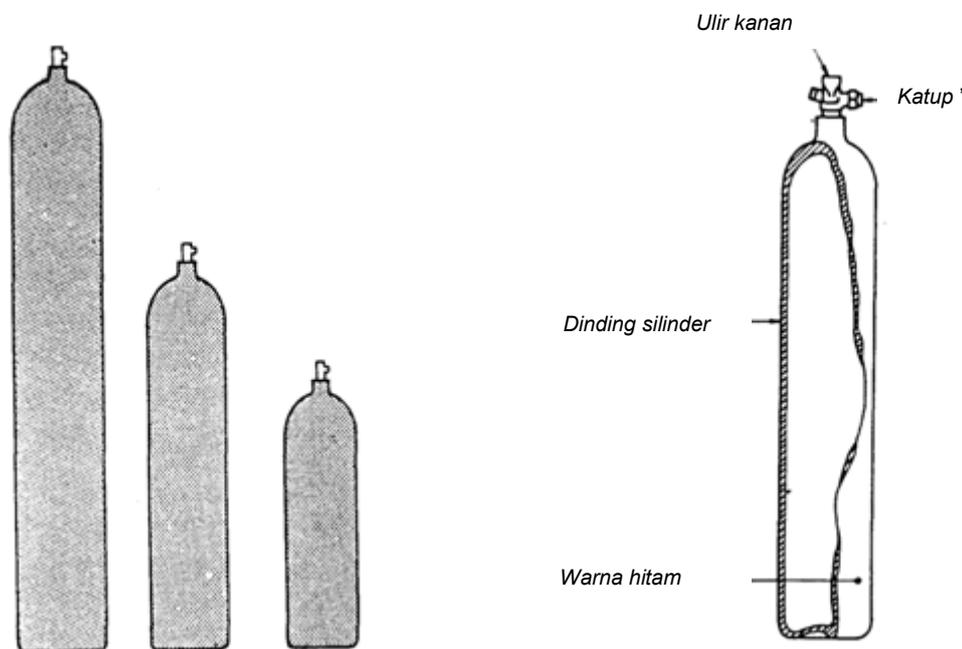
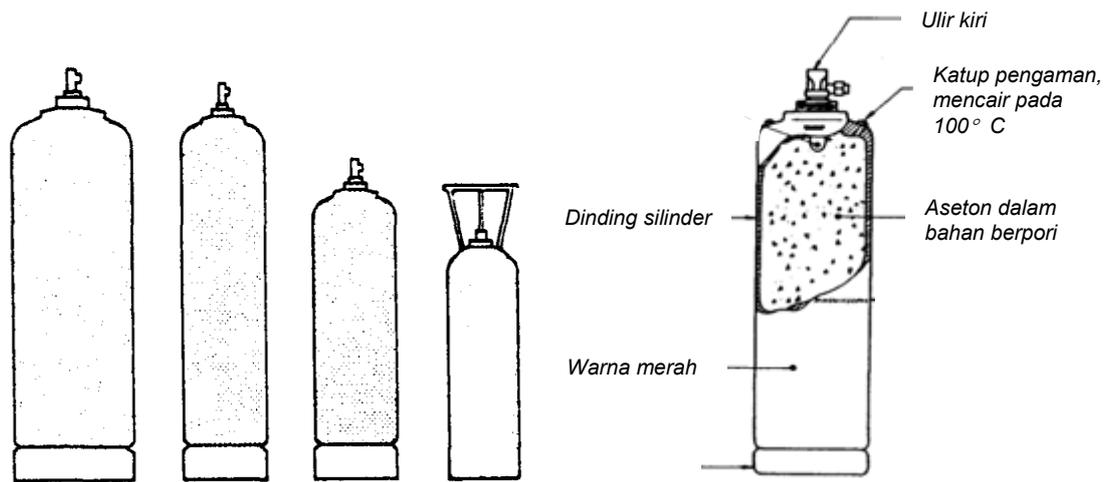
Gas oksigen dan asetilin disimpan dalam silinder dalam berbagai ukuran dengan standar pengamanan tertentu. Ukuran-ukuran silinder oksigen dan asetilin bermacam-macam, tergantung kebutuhan pekerjaan, namun yang umum dipakai adalah mulai dari 3500 liter, 5000 liter, 6000 liter dan 7000 liter.

Adapun standar warna silinder asetilin adalah merah, silinder oksigen biasanya adalah biru atau hitam, namun ada juga pabrik tertentu membuat standar warna tersendiri.

Ulir kanan

Katup

Dinding silinder

Warna hitam

Gambar: Silinder Oksigen

Gambar: Silinder Asetilin

Keselamatan Kerja untuk Silinder Oksigen:

Oksigen itu sendiri tidak dapat menyala dan meledak. Walaupun demikian oksigen akan menyebabkan bahan terbakar dengan tidak terkendali. Silinder oksigen pada dasarnya adalah untuk menyimpan gas oksigen dengan tekanan maxsimum 150 kg/cm^2 (2200 psi). Silinder ini dilengkapi dengan alat pengaman berupa "katup" pada silinder. Isi silinder oksigen dapat dihitung dengan mengalikan volume silinder dengan tekanan di dalamnya. Misalnya volume silinder 40 liter dan tekanan isi silinder 150 kg/cm^2 , maka isi oksigen adalah : 40 x 150 = 6000 liter.

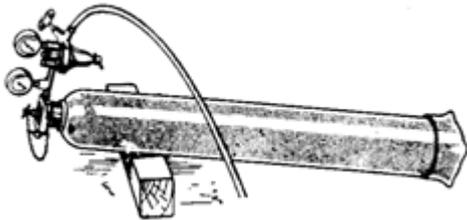
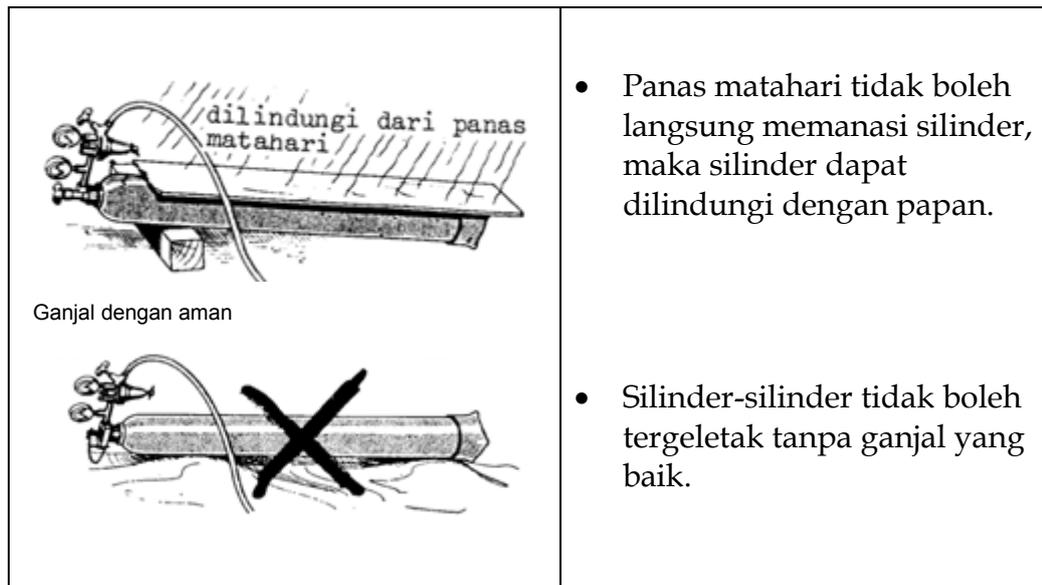
Secara umum hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menangani silinder oksigen adalah:

- Jangan mengoperasikan alat pneumatik dengan oksigen;
- Jangan menggunakan oksigen untuk pengecatan dengan spray;
- Jangan menggunakan oksigen sebagai pengganti udara yang dimanfaatkan;
- Jangan menghembus pipa, bejana atau tangki dengan oksigen;

- Jangan menggunakan oksigen untuk penyegaran udara, membersihkan asap dalam ruang tertentu atau mendinginkan diri kalian pada cuaca yang panas.

Oleh sebab itu, maka silinder oksigen harus ditangani secara baik, agar tidak menimbulkan bahaya-bahaya yang tidak diingini.

Adapun teknik-teknik penanganan silinder oksigen adalah sebagai berikut :

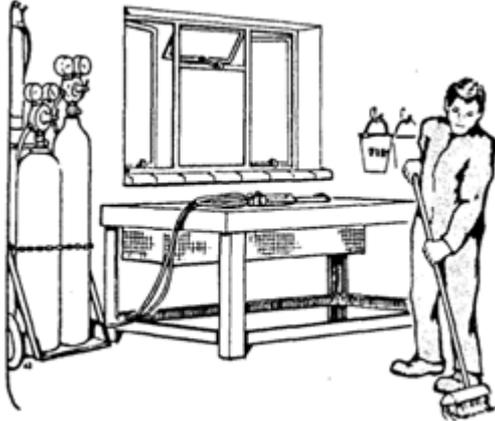
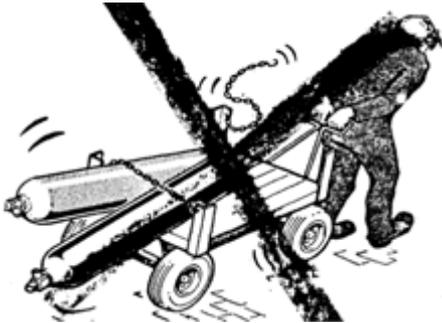
Gambar	Penjelasan
regulator	• Tangani silinder-silinder dengan hati-hati, tidak boleh terbentur, kena nyala api maupun benda panas. • Silinder-silinder harus selalu dalam keadaan tegak dan terikat dengan baik agar tidak jatuh.
	• Apabila silinder tidak memungkan berdiri tegak dapat juga direbahkan, tetapi manometer harus disebelah atas.

dilindungi dari panas matahari Ganjal dengan aman	• Panas matahari tidak boleh langsung memanasi silinder, maka silinder dapat dilindungi dengan papan.
	• Silinder-silinder tidak boleh tergeletak tanpa ganjal yang baik.

Keselamatan Kerja untuk Silinder Asetilin:

Secara umum hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menangani silinder asetilin adalah sebagai berikut.

- Jangan mencoba memindahkan gas asetilin dari satu silinder ke silinder yang lain;
- Asetilin dilarutkan dalam cairan aseton di dalam silinder, sehingga dalam penanganan harus selalu diupayakan dalam keadaan tegak;
- Selalu tinggalkan kunci silinder pada slinder apabila sedang digunakan;
- Sumbat pengaman silinder mencair pada 100° C, simpan silinder pada tempat dingin, ventilasi yang baik dan tempat yang terlindung.

Pemotongan oksi asetilin adalah cukup aman bila kalian menggunakan peralatan yang wajar dan bekerja sesuai dengan prosedur.

Adapun teknik-teknik penanganan silinder asetilin adalah sebagai berikut:

Gambar	Penjelasan
	• Simpan silinder-silinder asetilin ditempat yang dingin, jauh dari panas maupun terik matahari; • Jangan dicampurkan dengan silinder-silinder oksigen; • Nyala lampu gudang penyimpanan harus redup; • Dilarang merokok / menyalakan api didekat silinder-silinder asetilin;
Gambar	**Penjelasan**
	• Pisahkan silinder-silinder yang kosong dan yang penuh. • Bersihkan tempat kerja dari segala kotoran, bebas dari bahan yang mudah terbakar, dan tidak licin.
	• Pemindahan siilinder-silinder memerlukan penanganan yang teliti; • Hindari silinder-silinder dari terjatuh maupun terbentur secara keras.

	• Jangan berdiri di depan manometer ketika membuka katup silinder; • Hindarkan pemakaian regulator yang rusak. • Tutup katup silinder bila tidak dipergunakan. Jika terjadi gas bocor ketika katup ditutup: 1. Pindahkan silinder ketempat yang jauh dari motor listrik atau sumber panas terbuka; 2. Jangan merokok dan hindari dari percikan api;
	3. Jika terjadi kebocoran disekeliling spindle, kencangkan baut mur hingga tidak terjadi kebocoran; 4. Laporkan kepada penjual jika silinder tetap bocor.

PERHATIAN :
Gas asetilin sangat mudah terbakar bila bercampur dengan oksigen atau udara. Kebocoran berarti mengundang bahaya kebakaran.

2. Regulator

Regulator atau alat pengatur tekanan adalah perlengkapan las oksi asetilin yang penting. Alat ini berfungsi untuk:

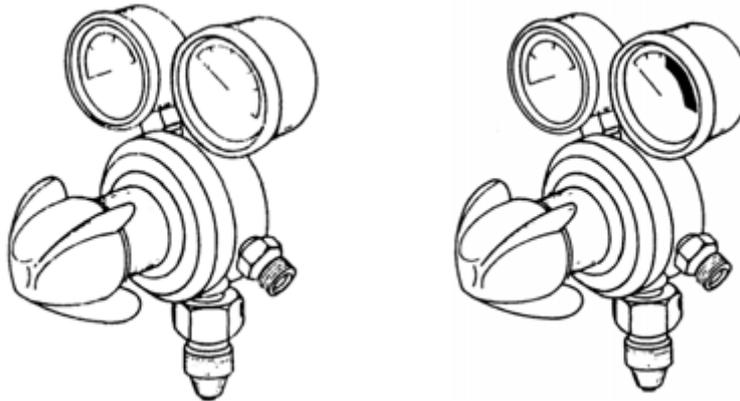
a. mengetahui tekanan isi silinder;

b. mengatur tekanan isi menjadi tekanan kerja;

c. mengetahui tekanan kerja;
d. menjaga tekanan kerja agar tetap (konstan) meskipun tekanan isi berubah-ubah;
e. mengamankan silinder, apabila terjadi nyala balik.

Pada regulator terdapat dua buah alat penunjuk tekanan atau biasa disebut manometer, yaitu manometer tekanan isi silinder dan manometer tekanan kerja. Manometer tekanan isi mempunyai skala lebih besar bila dibandingkan dengan manometer tekanan kerja.

Untuk memudahkan dalam mengidentifikasi regulator, maka regulator asetilin dan regulator oksigen dibedakan, baik bentuk ulirnya maupun warnanya.

a. Regulator asetilin berulir kiri
   Pada waktu mengikat , putaran ulirnya ke arah kiri atau berlawanan dengan arah jarum jam, sedangkan untuk membuka diputar kearah kanan atau searah dengan jarum jam.
b. Regulator oksigen berulir kanan
   Pada waktu mengikat putaran ulirnya kearah kanan atau searah dengan jarum jam, sedangkan untuk membuka diputar kearah kiri atau berlawanan dengan arah jarum jam.
c. Warna bak manometer
   Regulator oksigen terdapat tulisan "oksigen", warna bak biru/ hitam atau abu-abu.
   Pada regulator asetilin terdapat tulisan "asetilin", warna bak pada umumnya bewarna merah.

Gambar: Regulator Oksigen dan Asetilin

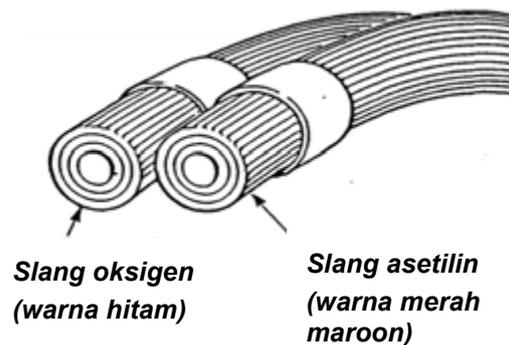
Keselamatan Kerja untuk Regulator:

- Jangan sekali-kali mencoba memperbaiki regulator jika tidak pernah dilatih untuk itu, karena pengerjaan secara tidak benar dapat menyebabkan resiko yang tidak diinginkan;
- Jangan mengoleskan oli atau *grease* pada regulator;
- Jangan menangani regulator dengan menggunakan sarung tangan, kain atau tangan yang beroli;
- Jika pada manometer, tiba-tiba tekanannya naik saat katup pada pembakar (*blowpipe*) tertutup, maka segera tutuplah katup tabung dan segera perbaiki regulatornya. Walaupun tidak begitu berbahaya, tetapi dapat menyebabkan hasil pemotongan yang kurang baik;
- Sebelum membuka katup silinder kendorkan selalu tombol penyetel regulator sampai putaran penuh. Kenaikan tekanan secara mendadak di dalam regulator akan menimbulkan tegangan pada mekanisme alat dan menyebabkan kerusakan.

3. Slang Gas

Fungsi slang gas adalah untuk mengalirkan gas dari silinder ke pembakar; terbuat dari karet yang berlapis-lapis dan diperkuat oleh serat-serat bahan tahan panas.

Slang oksigen (warna hitam)

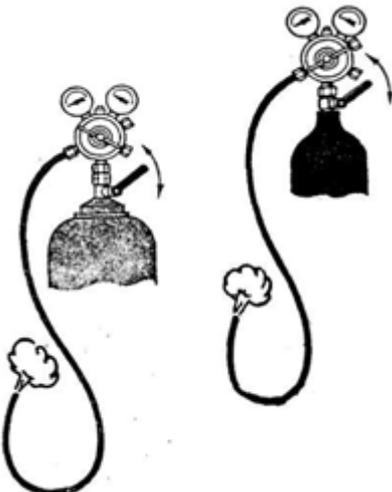
Slang asetilin (warna merah maroon)

Gambar : Slang Gas

Faktor keamanan pada slang gas harus menjadi perhatian, karena kebocoran slang akan menimbulkan bahaya kebakaran, oleh karena itu slang gas mempunyai sifat:

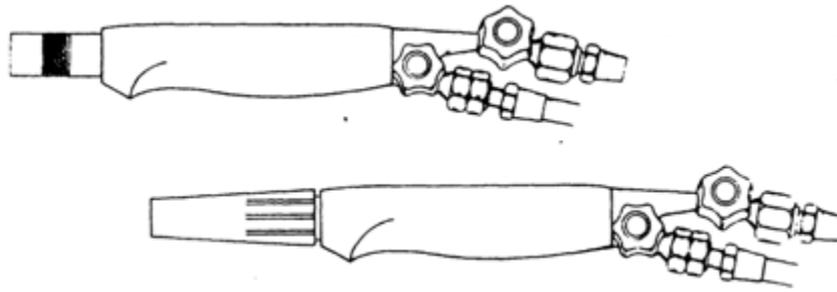
- kuat, yakni harus tahan tekanan 10 Kg/ cm^2, slang oksigen harus tahan terhadap tekanan 20 Kg / $cm^{2;}$
- tahan panas;
- tidak kaku/ fleksibel.

Adapun teknik-teknik penanganan slang gas adalah sebagai berikut :

Gambar	Penjelasan
	• Hindarkan pemakaian slang yang panjang (disarankan panjang slang yang dipakai antara 4 sampai 6 meter). Slang panjang cenderung tertekuk atau terpilin; • Jika harus menggunakan slang panjang, pastikan bahwa semua sambungan kencang, dan pastikan bahwa slang terhindar dari kemungkinan terinjak, tertabrak, tertekuk atau tepilin;

	• Hindarkan slang agar tidak terjepit benda keras; • Jaga slang dari permukaan kasar, tepi-tepi tajam ataupun logam panas;
	• Pada pemasangan slang baru, tiuplah slang sebentar dengan menggunakan gas dari silinder, maksudnya agar saluran slang betul-betul bersih; • Jangan lupa sewaktu memasang slang, pastikan bahwa slang tidak diletakan pada tempat yang mungkin terinjak atau tertabrak/ tergilas oleh roda silinder.

4. Pembakar (*Torch*) dan Tip Las

Pembakar (*torch*) dan tip las merupakan alat utama dalam proses las oksi asetilin. Alat ini berfungsi untuk :

- Mencampur gas oksigen dan gas asetilin
- Mengatur pengeluaran gas
- Mengadakan nyala api

Gambar : Pembakar Las

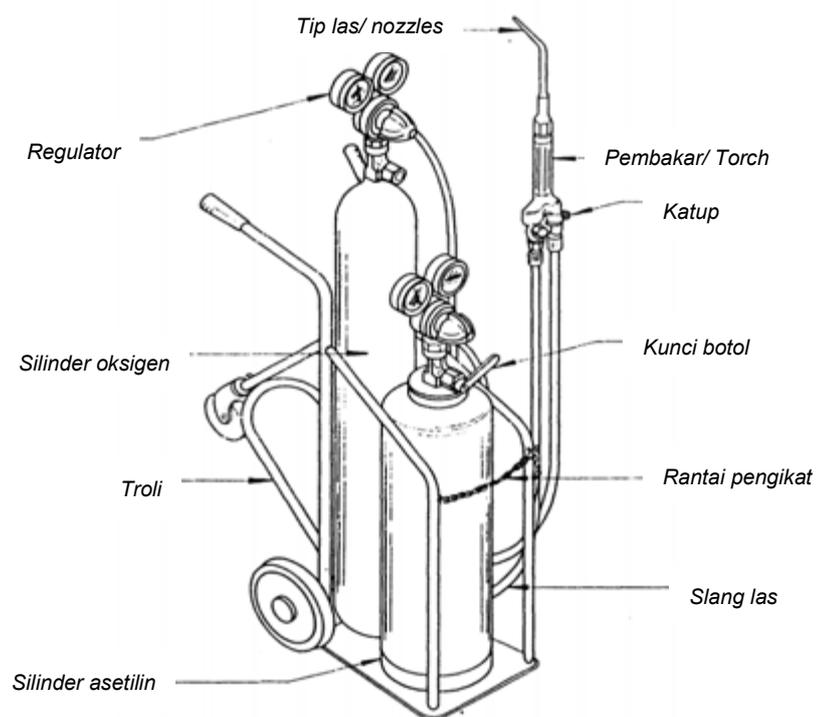
Gambar : Tip Las

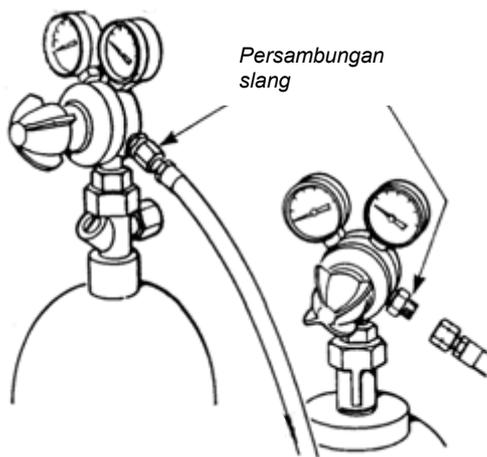
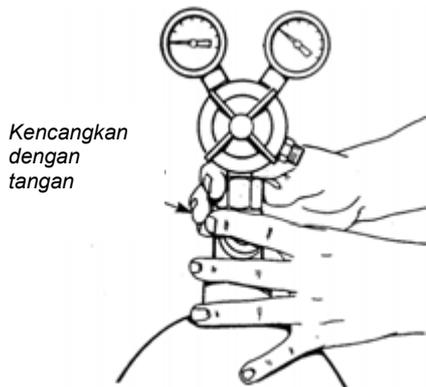
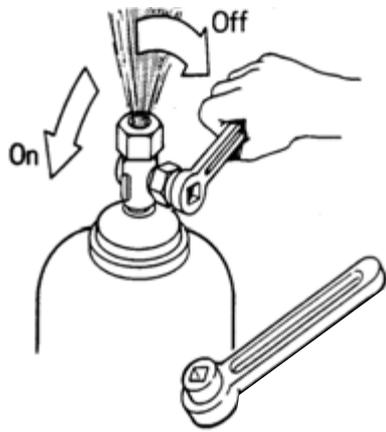
Keselamatan Kerja untuk Pembakar dan Tip Las:

- Mulut pembakar dibuat dari tembaga, oleh karena itu lunak sehingga harus dilakukan dengan hati-hati sewaktu membersihkannya.
- Gunakan jarum pembersih (*tip cleaner*) dengan ukuran yang tepat untuk menghindari terjadinya kerusakan pada lubang mulut pembakar.
- Jangan melepaskan atau memasang mulut pembakar dalam keadaan panas.
- Jangan menggunakan tang untuk memasang mulut pembakar.

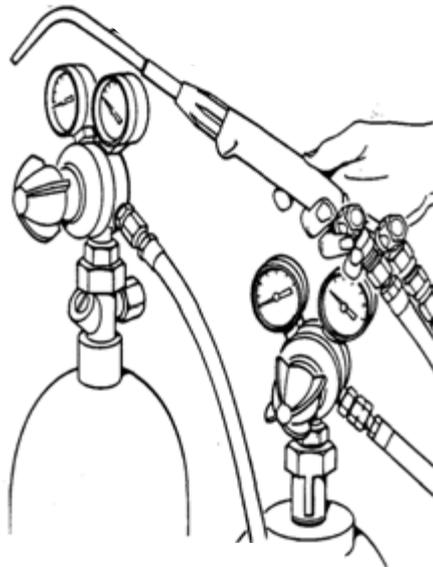
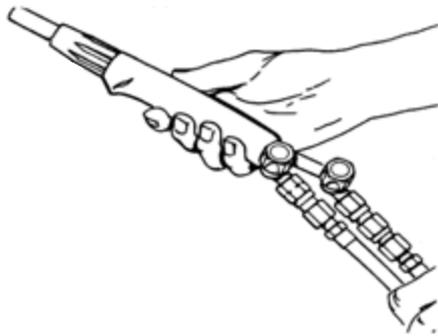
Prosedur memasang peralatan las oksi asetilin:

Agar peralatan las dipasang secara benar dan sesuai dengan standar operasional prosedur, maka perlu diikuti langkah-langkah memasang peralatan las oksi asetilin.

Sebagai ilustrasi pemasangan peralatan las oksi asetilin adalah sebagaimana pada gambar berikut .

Gambar : Peralatan Las Oksi Asetilin

Agar mudah dalam memahami bagaimana cara memasang peralatan las oksi asetilin, maka selanjutnya dijelaskan langkah-langkahnya sebagai berikut.

1. Letakkan silinder oksigen dan asetilin pada troli dalam keadaan berdiri tegak dan ikat dengan rantai pengaman. Buka segelnya pada masing-masing silinder.
2. Buka katup silinder oksigen dan asetilin secara berurutan, denga cara:
   - Buka katup silinder oksigen dan segera tutup kembali, hal ini dilakukan dengan cepat (kira-kira dalam waktu ½ detik), dengan tujuan untuk menghilangkan kotoran pada dudukan regulator (*katup socket).*
   - Lakukan hal yang sama untuk silinder asetilin.
3. Pasanglah regulator oksigen dan asetilin secara bergantian pada masing-masing silinder, dengan cara:
   - Silinder oksigen mempunyai ulir kanan, silinder asetilin mempunyai ulir kiri.
   - Kencangkan dengan jari tangan untuk memastikan bahwa regulator sudah terpasang pada ulir dengan benar.
   - Lanjutkan pengencangan dengan menggunakan kunci pas (*spanner*) yang benar.
   - Periksa kran penyetel tekanan (*pressure adjusting screw*) pada kedua regulator, kran ini harus dalam keadaan kendor.
   - Buka katup silinder, gunakan kunci silinder yang benar dan perlahan-lahan putar kira-kira satu setengah putaran.

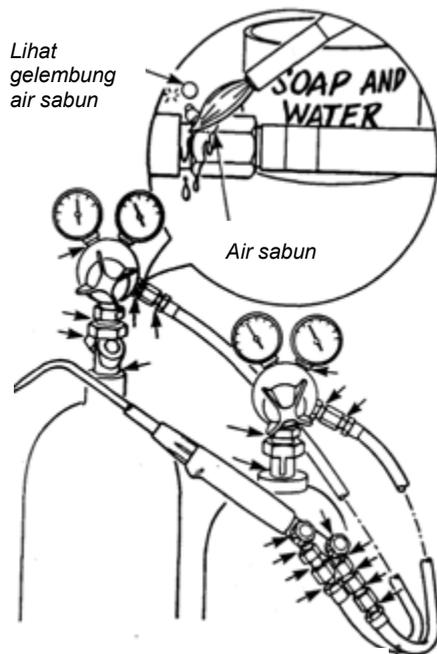
Kencangkan dengan tangan

Persambungan slang

4. Pasanglah masing-masing slang las ke regulator, kemudian gunakan kunci silinder (*cylider key*) serba guna untuk mengencangkan sambungan tersebut hingga kencang;
5. Pasanglah slang pada pembakar.

6. Pasanglah tip las pada pembakar:
   - Pilih tip las yang sesuai dengan pekerjaan dan kencangkan dengan tangan (**mengencangkan tip las hanya diperkenankan dengan kekuatan tangan, tidak boleh menggunakan alat yang lain**);
   - Periksa dan kencangkan kembali semua sambungan yang sudah selesai dipasang, dan periksa semua sambungan dari kebocoran.
7. Pemeriksaan semua sambungan:
   - Buka silinder oksigen katup kira-kira 1 sd 1,5 putaran hingga jarum manometer tekanan menunjuk angka tertentu, sesuai dengan tekanan isi silinder.

   - Putar kran pengatur tekanan regulator oksigen sehingga menunjukkan tekanan 50 kPa atau yang setara., demikian juga untuk regulator asetilin.

Lihat gelembung air sabun

SOAP AND WATER

Air sabun

- Oleskan air sabun pada setiap sambungan dengan menggunakan kuas. Kebocoran gas dapat diketahui dengan adanya gelembung-gelembung air sabun pada sambungan, bahkan kalau ada kebocoran yang cukup besar akan ada bunyi berdesis.
- Apabila terjadi kebocoran hendaknya mur penghubung atau klem slang dikencangkan lagi dengan menggunakan alat yang sesuai.

PERHATIAN :

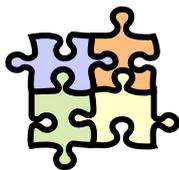
1. ***Sambungan-sambungan yang perlu diperiksa dari kebocoran adalah :***
   - ***Silinder dengan regulator;***
   - ***Regulator dengan slang las;***
   - ***Slang las dengan pembakar;***
   - ***Pembakar dengan tip/ mulut pembakar.***
2. ***Selama melakukan pemasangan peralatan las oksi asetilin, yakinkan bahwa :***
   - ***Alat-alat/ kunci terbebas (bersih) dari bahan yang mengandung minyak/ oli;***
   - ***Tidak ada sumber api di dekat/ sekitar peralatan las yang sedang dipasang.***

Jangan melakukan pemasangan peralatan tanpa bimbingan atau pengawasan guru/ instruktor

5. Alat-alat Bantu

Untuk melakukan pengelasan dengan proses las oksi asetilin, pada dasarnya tidak memerlukan banyak alat bantu, kecuali alat-alat yang dipakai di bengkel-bengkel pada umumnya. Namun demikian, dalam melakukan latihan keterampilan las oksi asetilin, maka alat-alat bantu yang disarankan dan perlu disediakan pada bengkel las oksi asetilin adalah: (1) alat ukur (mistar baja/ rol meter), (2) siku, (3) palu konde, (4) penggores, (5) penitik, (6) sikat baja, dan (7) Smith tang (tang panas).

Catatan:

Penjelasan rinci tentang peralatan kerja fabrikasi logam, termasuk alat-alat bantu dijelaskan pada bahan ajar "Teknik Pembentukan dan Perakitan Fabrikasi Logam".

Tugas 2.3

Setelah mempelajari dan mendapatkan penjelasan, serta demonstasi tentang pemasangan peralatan las oksi asetilin, coba kalian lakukan kegiatan sebagai berikut:

- *Buatlah langkah kerja pemasangan peralatan las oksi asetilin dengan gaya bahasa kalian sendiri (jika perlu lengkapi dengan gambar).*
- *Coba kalian latihan melepas/ memasang peralatan las secara bergantian, dengan pengawasan guru/ instruktor;*
- *Tanyakan kepada guru/ instructor hal-hal yang kurang dimengerti, sehingga yakin bahwa kalian "mampu" melakukannya sendiri.*

D. Prosedur Las Oksi Asetilin

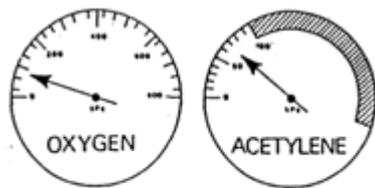
Untuk melakukan penyalaan api las diperlukan pemahaman tentang karakteristik, penggunaan, dan bagaimana langkah-langkah kerja yang benar dalam menyalakan api las.

Secara umum jenis nyala api las oksi asetilin ada tiga, yaitu:

- Nyala api netral (*Neutral flame*)
- Nyala api karburasi *(Carburising flame*)
- Nyala api oksidasi *(Oxidising flame*)

Berikut ini adalah prosedur yang sebaiknya diikuti dalam penyalaan ke tiga jenis api las tersebut.

1. Nyala Api Netral (*Neutral Flame*)

OXYGEN
ACETYLENE

Nyala inti

Yang dimaksud dengan nyala api netral ialah perbandingan campuran asetilin dengan oksigen seimbang.

Pada nyala netral terdapat dua bagian, yaitu nyala inti dan nyala luar.

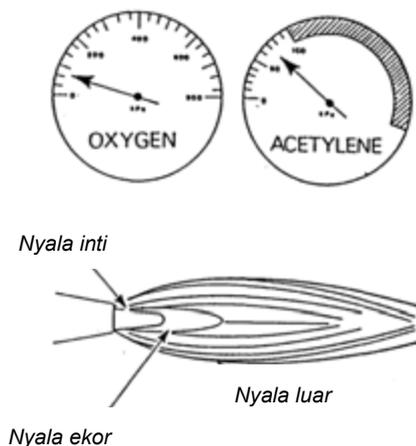
Karakteristik (tanda-tanda) nyala netral adalah:

- Bentuk kerucut nyala inti tumpul.dan berwarna biru agak keputih-putihan.
- Disekitar kerucut nyala tidak ada kelebihan asetilin.

Pemakaian jenis nyala api netral ini adalah untuk las cair hampir semua jenis logam, kecuali tembaga dan paduannya.

Prosedur Menyalakan Nyala Netral :

- Stel tekanan pada regulator oksigen dan regulator asetilin pada tekanan kerja 70 kPa.
- Buka katup asetilin *(acetylene valve)* secara perlahan-lahan kira-kira seperempat putaran dan nyalakan dengan korek api las.
- Terus buka katup asetilin sampai tidak berasap (sedikit asap), tetapi tidak berbunyi/ berdesis (berasap berarti kekurangan asetilin; berbunyi/berdesis berarti kelebihan asetilin).
- Buka katup oksigen (*oxygen valve*) perlahan-lahan sehingga nyala berubah warnanya dari kuning menjadi biru.
- Teruskan membuka katup oksigen hingga bentuk kerucut berubah menjadi terang.

2. Nyala Api Karburasi (*Carburising Flame*)

Yang dimaksud dengan nyala karburasi adalah nyala kelebihan asetilin. Kalau diperhatikan ada tiga bagian didalam nyala tersebut, yaitu : nyala inti *(inner cone)*, nyala ekor (*acetylene feather*), dan nyala luar *(outer cone).*

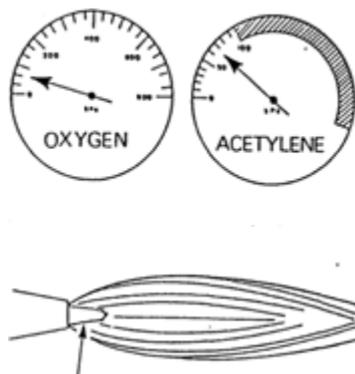
Tanda-tandanya :

- Bentuk kerucut nyala inti tumpul dan berwarna biru.
- Disekitar kerucut nyala terlihat kabut putih.

Pemakaiannya untuk mengeraskan permukaan dan dapat juga digunakan untuk mematri keras (*brazing*).

Prosedur Menyalakan Nyala Karburasi:

- Setel nyala netral.
- Buka katup asetilin sehingga terjadi *nyala inti, nyala ekor, dan nyala luar*

3. Nyala Api Oksidasi *(Oxidising Flame)*

Yang dimaksud dengan nyala oksidasi ialah nyala kelebihan oksigen. Nyala ini terdiri dari dua bagian yaitu : nyala inti dan nyala luar.

Tanda-tandanya :

- Kerucut nyala inti meruncing dan pendek.
- Warna kerucut nyala biru terang.

OXYGEN ACETYLENE

Nyala inti

Pemakaiannya adalah untu kmengelas tembaga dan paduannya.

Adapun prosedur menyalakan nyala oksidasi :

- Setel nyala netral
- Kurangi asetilin sehingga terjadi nyala inti pendek dan meruncing.

E. Prosedur Pengelasan

1. Prosedur Penyalaan Api Las

Pekerjaan las oksi asetilin dapat dilakukan secara baik jika mengikuti prosedur yang benar dan melakukan latihan secara berulang-ulang sampai mencapai standar yang ditentukan (kompeten).

Pencapaian kompetensi merupakan hal terpenting dalam melakukan pengelasan dengan proses las oksi asetilin. Oleh sebab itu, harus dilakukan secara bertahap dan dengan kerja keras, karena untuk mencapai standar yang ditetapkan memerlukan ketabahan, ketahanan fisik dan penuh kehati-hatian agar terhindar dari kecelakaan atau sakit.

Secara umum, prosedur pengelasan sangat beragam dan tergantung pada bentuk dan jenis bahan yang dilas, posisi pengelasan, serta konstruksi sambungan las, dan lain-lain sebagainya. Namun, dari segi bentuk bahan yang dilas dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yakni: prosedur pengelasan pelat dan prosedur pengelasan pipa.

Pada pengelasan pelat, terdiri dari beberapa posisi pengelasan, yakni: (1) posisi di bawah tangan/ *down hand*, (2) mendatar/ *horizontal*, (3) tegak/ *vertical*, dan (4) di atas kepala/ *over head*. Sedangkan pada pengelasan pipa, terdiri dari: (1) posisi pipa sumbu mendatar dapat diputar/ *down hand*, (2) posisi pipa sumbu tegak dapat diputar/ *horizontal*, (3) posisi pipa sumbu mendatar tidak dapat diputar / *all position*, dan (4) posisi pipa sumbu sudut 45° tidak dapat diputar.

Dari segi konstruksi sambungan, secara umum dapat dibedakan menjadi: sambungan sudut (*fillet*) yang biasanya disimbolkan dengan "F" dan sambungan tumpul (*butt*) yang disimbolkan dengan "G". Dengan demikian, jika kita mengelas sambungan sudut pada pelat posisi di bawah tangan, maka cukup disimbolkan/ diistilahkan dengan "1F". Demikian juga, jika mengelas sambungan tumpul pada pelat posisi tegak, maka disimbolkan/ diistilahkan dengan "3G", demikian seterusnya.

Berdasarkan uraian di atas, maka sangat penting kita mengetahui karakteristik tiap bentuk atau jenis bahan, posisi pengelasan, dan konstruksi sambungan, karena masing-masingnya memiliki prosedur pengelasan yang relatif berbeda. Untuk itu, agar dapat memahami prosedur pengelasan, maka harus mencoba dan berlatih untuk tiap jenis sambungan las tersebut.

Pada bahan ajar ini, akan disajikan beberapa prosedur dan teknik-teknik pengelasan melalui beberapa kegiatan latihan dasar las oksi asetilin.

2. Prosedur dan Latihan Las Oksi Asetilin

Tugas-tugas / latihan berikut bertujuan agar masing-masing kalian mampu mengidentifikasi, memasang dan melepas kembali peralatan las, serta melakukan latihan-latihan dasar las oksi asetilin sesuai dengan SOP pada posisi di bawah tangan.

PERHATIAN

Jangan melakukan pekerjaan tanpa bimbingan, karena mencoba-coba tanpa ada pemahaman akan beresiko kecelakaan dan membayakan diri sendiri dan orang lain.

Latihan 2.1

Pengoperasian Peralatan Las Oksi Asetilin

Ikuti langkah-langka kerja berikut !

a. Siapkan perlengkapan las oksi asetilin, antara lain :
   - Silinder oksigen dan asetilin
   - Regulator oksigen dan asetilin
   - Slang las
   - Pembakar (*blowpipe*) dan tip las
   - Alat-alat bantu (spt. Kunci botol dan /atau pas)
   - Air sabun untuk memeriksa kebocoran.

b. Periksa kondisi setiap alat/ komponen ayang akan dipasang.

c. Ikuti langkah kerja yang diberikan (sesuai petunjuk/ demonstrasi pembimbing)

d. Lakukan pemeriksaan pemasangan bersama pembimbing.

e. Diskusikan hal-hal yang belum difahami.

f. Atur tekanan kerja untuk pengelasan, masing-masing (oksigen dan asetilin) adalah : 50-70 kPa.

g. Nyalakan pembakar las dan coba lakukan pengaturan nyala netral, oksidasi dan karburasi.

h. Minta pembimbing untuk memeriksa apakah menyetelannya sudah sesuai atau belum.

i. Matikan api las.

j. Lakukan kegiatan tersebut sampai kalian dapat melakukan secara benar dan sesuai dengan SOP.

k. Setelah semua kegiatan selesai, buka/ lepas kembali peralatan las oksi asetilin.

l. Bersihkan tempat kerja dan kembalikan seluruh peralatan ke tempat semula.

Latihan 2.2

Pembuatan Rigi Las Tanpa Bahan Tambah

TUJUAN

Setelah mempelajari dan berlatih membuat rigi las tanpa bahan tambah, kalian diharapkan akan mampu :

- Menggunakan peralatan dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja.
- Mengatur tekanan kerja pengelasan
- Memasang tip pada pembakar las
- Mengatur nyala api las
- Membuat rigi las tanpa bahan tambah
- Memeriksa hasil pengelasan

ALAT DAN BAHAN

1. Alat *:*

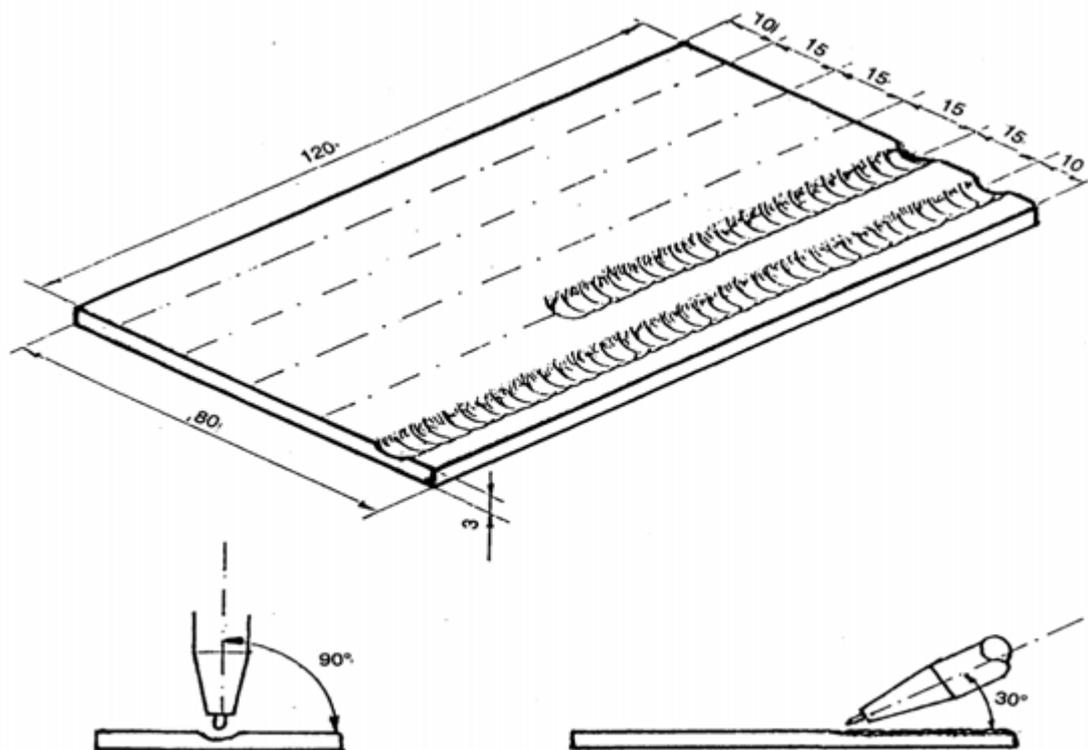
- Seperangkat las oksi asetilin.
- Alat bantu pengelasan.
- Alat keselamatan kerja.
- Lembaran kerja/gambar kerja

2. Bahan *:*

- Pelat baja lunak ukuran 80 x 120 x 2 mm (1 buah)
- Kawat las baja lunah ∅ 2 mm.

KESELAMATAN KERJA

- Gunakan tip las yang sesuai dengan tebal bahan.
- Periksa kebocoran-kebocoran gas sebelum memulai penyalaan.
- Perhatikan peletakan dan posisi pembakar (*welding torch*) terhadap lingkungan kerja dan benda kerja.
- Biasakan bekerja dengan bersih dan rapi, tempat kerja yang berantakan akan berpotensi menimbulkan kecelakaan.
- Jauhkan nyala api, bunga api, dan logam panas dari silinder gas, karena oksigen dan asetilin berpotensi menimbulkan berbahaya .
- Bertanyalah pada guru/ guru/ instruktor/ pembimbing jika ada hal-hal yang tidak dimengerti dalam melaksanakan pekerjaan.
- Bersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja.

LEMBARAN KERJA

LANGKAH KERJA

a. Siapkan peralatan las oksi asetilin dengan memperhatikan sambungan-sambungan slang dan pemasangan regulator serta tekanan kerja yang sesuai dengan pekerjaan.
b. Tempatkan benda kerja sesuai posisi pengelasan/ gambar kerja.
c. Nyalakan pembakar las dan atur nyala netral.
d. Atur jarak api las ± 2mm dengan permukaan benda kerja dan sudut pembakar sekitar 30° terhadap jalur las dan 90° terhadap bidang datar/ benda kerja,
e. Lakukan pengelasan sesuai contoh/ demonstrasi guru/ guru/ instruktor/ pembimbing.
f. Periksa hasil las dengan mengacu pada kriteria yang ditentukan.

PERHATIAN

Sebagai acuan dalam melakukan pengelasan, gunakan kriteria hasil las untuk menilai tiap hasil las yang kalian kerjakan.

Untuk itu, mintalah guru/ instruktor kalian untuk memeriksa tiap hasil las yang dikerja.

g. Selesaikan pengelasan dengan prosedur yang sama sampai semua tugas dikerjakan, dan yakinkan bahwa pengelasan dilakukan sesuian dengan standar yang ditetapkan (sesuai kriteria hasil las).
h. Jika kalian tidak dapat mencapai kriteria yang ditetapkan, mintalah guru/ guru/ instruktor/ pembimbing untuk memberi pejelasan tambahan atau memintanya untuk melakukan demontrasi ulang, sampai kalian benar-benar mengerti permasalahannya dan kompeten dalam melakukannya.

KRITERIA PENILAIAN HASIL LAS

Aspek yang Dinilai	Kriteria Penilaian	K	BK
Labar jalur las	5 mm, tol. +2, - 0		
Kelurusan jalur las	Penyimpangan maks. 10%		
Pencairan	Bagian yang tidak mencair maks. 10%		
Kebersihan	Tidak ada percikan dan terak las yang menempel pada daerah pengelasan		

K = Kompeten **BK** = Belum Kompeten

- Keberhasilan suatu perkerjaan tidak hanya terletak pada kepintaran dan kehebatan seseorang, tapi juga tergantung pada kesabaran, kerja keras, dan kedisiplinan dalam mengikuti aturan atau standar operasional prosedur (SOP) yang ditentukan;
- Jika kalian telah mengikuti SOP, berarti setengah keberhasilan sudah "di tangan" kalian.
- Jangan ragu bertanya, karena mencoba-coba tanpa pemahaman, berarti "mengundang bahaya dan kecelakaan".
- Berbagilah dengan teman, jika kalian diberi kelebihan kemampuan, jangan sombong dan jangan "pelit".
- Allah tidak menyukai orang-orang yang sombong dan kikir.

Latihan 2.3

Pembuatan Rigi Las Menggunakan Bahan Tambah

TUJUAN

Setelah mempelajari dan berlatih membuat rigi las/jalur las menggunakan bahan tambah, kalian diharapkan akan mampu :

- Menggunakan peralatan dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja.
- Mengatur tekanan kerja pengelasan
- Memasang tip pada pembakar
- Mengatur nyala api las
- Membuat jalur las menggunakan bahan tambah / kawat las
- Memeriksa hasil pengelasan

ALAT DAN BAHAN

1. Alat *:*

- Seperangkat las oksi asetilin.
- Alat bantu pengelasan.
- Alat keselamatan kerja.
- Lembaran kerja/gambar kerja

2. Bahan *:*

- Pelat baja lunak ukuran 80 x 120 x 2 mm (1 buah)
- Kawat las (*filler rod*) baja lunah ∅ 2 mm.

KESELAMATAN KERJA

- Gunakan tip las yang sesuai dengan tebal bahan.
- Periksa kebocoran-kebocoran gas sebelum memulai penyalaan.
- Perhatikan peletakan dan posisi pembakar (*welding torch*) terhadap lingkungan kerja dan benda kerja.
- Biasakan bekerja dengan bersih dan rapi, tempat kerja yang berantakan akan berpotensi menimbulkan kecelakaan.
- Jauhkan nyala api, bunga api, dan logam panas dari silinder gas, karena oksigen dan asetilin berpotensi menimbulkan berbahaya .
- Bertanyalah pada Guru/ instruktor/ pembimbing jika ada hal-hal yang tidak dimengerti dalam melaksanakan pekerjaan.
- Bersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja.

LEMBARAN KERJA

90°
2mm
60°
Batu tahan api
Benda kerja

LANGKAH KERJA

a. Siapkan peralatan las oksi asetilin dengan memperhatikan sambungan-sambungan slang dan pemasangan regulator serta tekanan kerja yang sesuai dengan pekerjaan.
b. Tempatkan benda kerja sesuai posisi pengelasan/ gambar kerja.
c. Nyalakan pembakar las dan atur nyala netral.
d. Atur jarak api las ± 2mm dengan permukaan benda kerja dan sudut pembakar sekitar 60° – 70° dan kawat las 30° – 40° terhadap jalur las .
e. Lakukan pengelasan sesuai contoh/ demonstrasi guru/ guru/ instruktor/ pembimbing.
f. Periksa hasil las dengan mengacu pada kriteria yang ditentukan.
g. Selesaikan pengelasan dengan prosedur yang sama.

KRITERIA PENILAIAN HASIL LAS

Aspek yang Dinilai	Kriteria Penilaian	K	BK
Labar jalur las	6 mm, tol. +2, - 0		
Kelurusan jalur las	Penyimpangan maks. 10%		
Tinggi jalur las	2 mm, tol. ± 1		
Pencairan	Bagian yang tidak mencair maks. 10%		
Kebersihan	Tidak ada percikan dan terak las yang menempel pada daerah pengelasan		

K = Kompeten **BK** = Belum Kompeten

Latihan 2.4

Pembuatan Sambungan Sudut Luar Posisi 1F

TUJUAN

Setelah mempelajari dan berlatih membuat sambungan sudut luar posisi di bawah tangan (1F), kalian diharapkan akan mampu :

- Menggunakan peralatan dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja.
- Mengatur tekanan kerja pengelasan
- Memasang tip pada pembakar
- Mengatur nyala api las

- Membuat sambungan sudut luar menggunakan bahan tambah/ kawat las
- Memeriksa hasil pengelasan

ALAT DAN BAHAN

1. Alat :

- Seperangkat las oksi asetilin.
- Alat bantu pengelasan.
- Alat keselamatan kerja.
- Lembaran kerja/gambar kerja

2. Bahan :

- Pelat baja lunak ukuran 50 x 120 x 3 mm (2 buah)
- Kawat las (*filler rod*) baja lunah ∅ 2 mm.

KESELAMATAN KERJA

- Gunakan tip las yang sesuai dengan tebal bahan.
- Periksa kebocoran-kebocoran gas sebelum memulai penyalaan.
- Perhatikan peletakan dan posisi pembakar (*welding torch*) terhadap lingkungan kerja dan benda kerja.
- Biasakan bekerja dengan bersih dan rapi, tempat kerja yang berantakan akan berpotensi menimbulkan kecelakaan.
- Jauhkan nyala api, bunga api, dan logam panas dari silinder gas, karena oksigen dan asetilin berpotensi menimbulkan berbahaya .
- Bertanyalah pada Guru/ instruktor/ pembimbing jika ada hal-hal yang tidak dimengerti dalam melaksanakan pekerjaan.
- Bersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja.

LEMBARAN KERJA

LANGKAH KERJA

a. Siapkan peralatan las oksi asetilin dengan memperhatikan sambungan-sambungan slang dan pemasangan regulator serta tekanan kerja yang sesuai dengan pekerjaan.
b. Nyalakan pembakar las dan atur nyala netral.
c. Lakukan las catat (*tack weld*), minimum pada tiga tempat (kedua ujung dan tengah) sepanjang ±10mm dan jaga sudut sambungan tetap 90°.
d. Tempatkan benda kerja sesuai posisi pengelasan/ gambar kerja.
e. Atur jarak api las ± 2mm dengan permukaan sambungan dan sudut pembakar sekitar 60° – 70° dan kawat las 30° – 40° terhadap jalur las .
f. Lakukan pengelasan sesuai contoh/ demonstrasi guru/ guru/ instruktor/ pembimbing.

PERHATIAN

- ***Sudut antara kedua benda kerja harus simetris, agar permukaan cairan las bisa rata dan seimbang.***
- ***Las catat, harus dilakukan dengan benar dan sesuai dengan gambar/ ketentuan, karena las catat yang salah akan mempengaruhi hasil las.***

g. Periksa hasil las dengan mengacu pada kriteria yang ditentukan (lihat tabel kriteria hasil las.

h. Selesaikan pengelasan dengan prosedur yang sama.

i. Periksakan hasil kalian pada guru/ guru/ instruktor/ pembimbing; dan lakukan pengelasan ulang jika belum mencapai kriteria.

KRITERIA PENILAIAN HASIL LAS

Aspek yang Dinilai	Kriteria Penilaian	K	BK
Sudut sambungan	90°, tol. ± 5°		
Ukuran jalur las	Maksimum ± 1mm dari pinggir sambungan.		
Undercut	Maks. 0,5 mm x 50% panjang pengelasan		
Overlap	Tidak ada sambungan yang tidak mencair (nil)		
Pengisian jalur las	Minimum rata dan semua jalur las terisi/ penuh		
Kebersihan	Bebas dari percikan dan kororan las		

K = Kompeten **BK** = Belum Kompeten

Latihan 2.5

Pembuatan Sambungan Tumpul Kampuh I Posisi 1G

TUJUAN

Setelah mempelajari dan berlatih membuat sambungan tumpul I tertutup menggunakan bahan tambah, kalian diharapkan akan mampu :

- Menggunakan peralatan dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja.
- Mengatur tekanan kerja pengelasan
- Memasang tip pada pembakar
- Mengatur nyala api las
- Membuat sambungan tumpul kampuh I tertutup sesuai kriteria
- Memeriksa hasil pengelasan

ALAT DAN BAHAN

1. Alat *:*

- Seperangkat las oksi asetilin.
- Alat bantu pengelasan.
- Alat keselamatan kerja.
- Lembaran kerja/gambar kerja

2. Bahan *:*

- Pelat baja lunak ukuran 80 x 120 x 2 mm (2 buah)
- Kawat las (*filler rod*) baja lunah ∅ 2 mm.

KESELAMATAN KERJA

- Gunakan tip las yang sesuai dengan tebal bahan.
- Periksa kebocoran-kebocoran gas sebelum memulai penyalaan.
- Perhatikan peletakan dan posisi pembakar (*welding torch*) terhadap lingkungan kerja dan benda kerja.
- Biasakan bekerja dengan bersih dan rapi, tempat kerja yang berantakan akan berpotensi menimbulkan kecelakaan.
- Jauhkan nyala api, bunga api, dan logam panas dari silinder gas, karena oksigen dan asetilin berpotensi menimbulkan berbahaya .
- Bertanyalah pada Guru/ instruktor/ pembimbing jika ada hal-hal yang tidak dimengerti dalam melaksanakan pekerjaan.
- Bersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja.

LEMBARAN KERJA

LANGKAH KERJA

a. Siapkan peralatan las oksi asetilin dengan memperhatikan sambungan-sambungan slang dan pemasangan regulator serta tekanan kerja yang sesuai dengan pekerjaan.
b. Tempatkan benda kerja sesuai gambar kerja (posisi 1G).
c. Atur jarak benda kerja (gap) maks. 0,5 mm atau rapat/ tertutup.
d. Nyalakan pembakar las dan atur nyala netral.
e. Lakukan las catat (*tack weld*) minimum pada kedua ujung dan tengah sambungan, dan jaga agar benda kerja tetap rata (tidak ada beda permukaan antara kedua pelat.
f. Atur jarak api las ± 2mm dengan permukaan benda kerja dan sudut pembakar sekitar 60° – 70° dan kawat las 30° – 40° terhadap jalur las .
g. Lakukan pengelasan sesuai contoh/ demonstrasi guru/ guru/ instruktor/ pembimbing.
h. Periksa hasil las dengan mengacu pada kriteria yang ditentukan.

KRITERIA PENILAIAN HASIL LAS

Aspek yang Dinilai	Kriteria Penilaian	K	BK
Labar jalur las	Maks. 3 mm dari pinggir kampuh (6 mm), tol. +2, - 0		
Kelurusan jalur las	Penyimpangan maks. 5%		
Tinggi jalur las	2 mm, tol. ± 1		
Undercut	Maks. 0,5 mm x 50% panjang pengelasan		
Overlap	Tidak ada sambungan yang tidak mencair (nil)		
Kebersihan	Tidak ada percikan dan kotoran las		

K = Kompeten **BK** = Belum Kompeten

Latihan 2.6

Pembuatan Sambungan Tumpang Posisi 2F

TUJUAN

Setelah mempelajari dan berlatih membuat sambungan tumpang posisi 2F, kalian diharapkan akan mampu :

- Menggunakan peralatan dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja.
- Mengatur tekanan kerja pengelasan
- Memasang tip pada pembakar
- Mengatur nyala api las
- Membuat sambungan tumpang menggunakan bahan tambah/ kawat las
- Memeriksa hasil pengelasan

ALAT DAN BAHAN

1. Alat *:*

- Seperangkat las oksi asetilin.
- Alat bantu pengelasan.
- Alat keselamatan kerja.
- Lembaran kerja/gambar kerja

2. Bahan *:*

- Pelat baja lunak ukuran 50 x 120 x 3 mm (2 buah)
- Pelat baja lunak ukuran 80 x 120 x 3 mm (1 buah)
- Kawat las (*filler rod*) baja lunah ∅ 2 mm.

KESELAMATAN KERJA

- Gunakan tip las yang sesuai dengan tebal bahan.
- Periksa kebocoran-kebocoran gas sebelum memulai penyalaan.
- Perhatikan peletakan dan posisi pembakar (*welding torch*) terhadap lingkungan kerja dan benda kerja.
- Biasakan bekerja dengan bersih dan rapi, tempat kerja yang berantakan akan berpotensi menimbulkan kecelakaan.
- Jauhkan nyala api, bunga api, dan logam panas dari silinder gas, karena oksigen dan asetilin berpotensi menimbulkan berbahaya .
- Bertanyalah pada Guru/ instruktor/ pembimbing jika ada hal-hal yang tidak dimengerti dalam melaksanakan pekerjaan.
- Bersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja.

LEMBARAN KERJA

Las catat

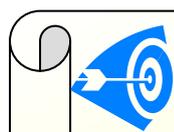
LANGKAH KERJA

a. Siapkan peralatan las oksi asetilin dengan memperhatikan sambungan-sambungan slang dan pemasangan regulator serta tekanan kerja yang sesuai dengan pekerjaan.

b. Nyalakan pembakar las dan atur nyala netral.

c. Lakukan las catat (*tack weld*), minimum pada tiga tempat (kedua ujung dan tengah) sepanjang ±10mm dan jaga benda kerja tetap rapat dan seimbang.

d. Tempatkan benda kerja sesuai posisi pengelasan/ gambar kerja, dan perhatikan peletakannya agar mudah melakukan pengelas (terutama kemudahan dalam menggerakkan pembakar (*torch*) dan kawat las.

e. Atur jarak api las ± 2mm dengan permukaan sambungan dan sudut pembakar sekitar 60° – 70° dan dimiringkan sekitar 70°--80° terhadap bidang rata, serta kawat las 30° – 40° terhadap jalur las .

PERHATIAN

- ***Sudut pembakar terhadap rigi las sangat menentukan kualitas hasil las, untuk itu perhatikan secara cermat.***
- ***Gunakan ukuran tip las yang sesuai, karena pada pengelasan tumpang diperlukan pengisian yang relatif banyak.***

f. Lakukan pengelasan sesuai contoh/ demonstrasi guru/ guru/ instruktor/ pembimbing.

g. Lakukan pengelasan ulang jika belum mencapai kriteria yang telah ditetapkan (lihat tabel kriteria hasil las).

KRITERIA PENILAIAN HASIL LAS

Aspek yang Dinilai	Kriteria Penilaian	K	BK
Sudut sambungan	Rapat dan seimbang		
Ukuran jalur las	Maksimum ± 1mm dari pinggir sambungan.		
Undercut	Maks. 50% x panjang pengelasan		
Overlap	Tidak ada sambungan yang tidak mencair (nil)		
Pengisian jalur las	Minimum rata dan semua jalur las terisi/ penuh		
Kebersihan	Bebas dari percikan dan kororan las		

K = Kompeten **BK** = Belum Kompeten

Hasil kerja yang berkualitas adalah sesuatu yang penting, tapi keselamatan dalam bekerja jauh lebih penting.

Bab 3

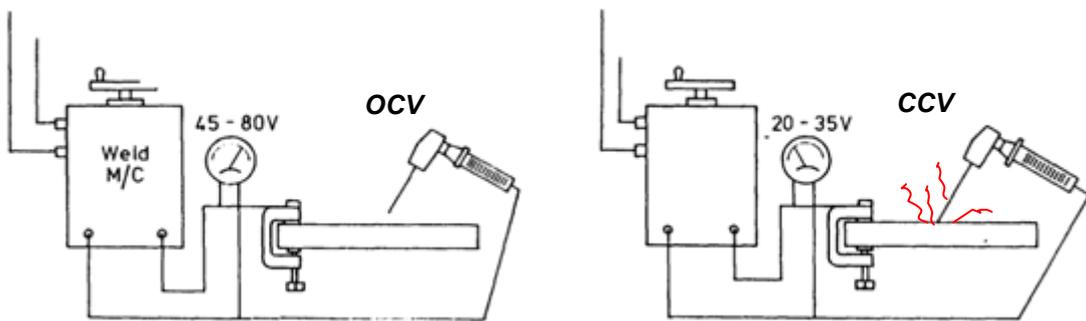
DASAR LAS BUSUR MANUAL

A. Pengertian dan Prinsip Kerja Las Busur Manual

Las busur manual atau *Shielded Metal Arc Welding* (*SMAW*) adalah salah satu proses pengelasan yang panasnya diperoleh dari nyala busur listrik dengan menggunakan elektroda yang berselaput. Elektroda berselaput ini berfungsi sebagai bahan pengisi dan memberi perlindungan terhadap kontaminasi udara luar (atmosfir). Operator las memegang tang las (*holder*) yang berisolasi dan menarik busur pada posisi dimana sambungan dibuat. Tang las menjepit ujung elektroda yang tidak berselaput untuk mengalirkan arus listrik. Elektroda mencairkan logam dasar dan membentuk terak las pada waktu yang bersamaan; ujung elektroda mencair dan bercampur dengan bahan yang di las.

Arus listrik yang butuhkan untuk menghasilkan busur las antara elektroda dan benda kerja adalah untuk mencairkan permukaan benda kerja dan ujung elektroda. Untuk itu, sangat penting menjaga kestabilan arus listrik selama elektrode menghasilkan busur listrik. Jika elektroda terlalu jauh, maka arus yang mengalir akan terhenti sehingga berakibat terhenti pula pembentukan busur las. Sebaliknya, jika terlalu dekat atau menyentuh/ menekan benda kerja, maka busur yang terjadi terlalu

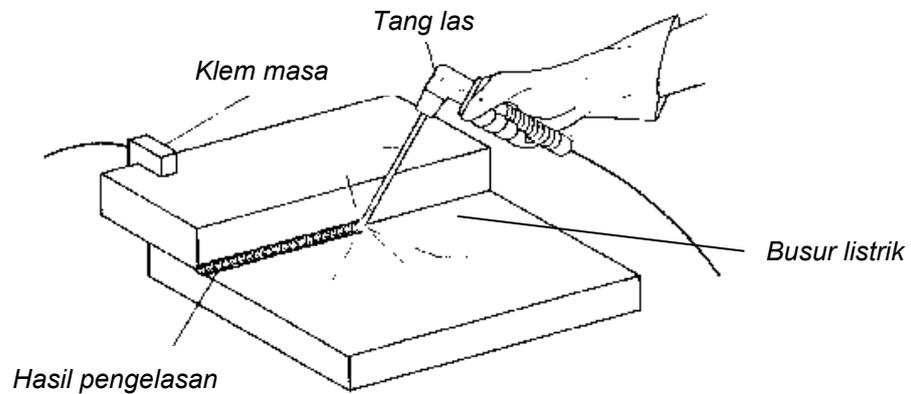
pendek/ tidak ada jarak, sehingga elektroda akan menempel pada benda kerja, dan jika hal ini agak berlansung lama, maka keseluruhan batang elektroda akan mencair.

Pada saat belum terjadinya busur las disebut "sirkuit terbuka" (*open circuit voltage* /OCV) mesin las akan menghasilkan tegangan sebesar 45 – 80 Volt, sedangkan pada saat terjadinya busur las, disebut "sirkuit tertutup" (*close circuit voltage* /CCV) tegangan akan turun menjadi 20 – 35 Volt.

Gambar : Sirkuit Terbuka(OCV) dan Tertutup (CCV)

Memperbesar busur las adalah dengan cara memperbesar/ mempertinggi arus yang dapat diatur pada mesin las. Saat busur las terbentuk, temperatur pada tempat terjadinya busur las tersebut akan naik menjadi sekitar 6000° C, yaitu pada ujung elektroda dan pada titik pengelasan.

Bahan mencair membentuk kawah las yang kecil dan ujung elektroda mencair membentuk butir-butir cairan logam yang kemudian melebur bersama-sama ke dalam kawah las pada benda kerja. Dalam waktu yang sama salutan (*flux*) juga mencair, memberikan gas pelindung di sekeliling busur dan membentuk terak yang melindungi cairan logam dari kontaminasi udara luar. Kecepatan mencair dari elektroda ditentukan oleh arus listrik yang dipakai, sehingga besarnya arus listrik yang digunakan berbanding lurus dengan panas yang dihasilkan.

Sebagai ilustrasi awal dalam memahami proses las busur manul, perhatikanlah gambar berikut.

Tang las
Klem masa
Busur listrik
Hasil pengelasan

Gambar: Prinsip Kerja Las Busur Manual (LBM)

Dari gambar di atas, diperlihatkan salah satu bentuk konstruksi sambungan las dan bagaimana posisi benda kerja terhadap elektroda dan hasil lasil las.

B. Keselamatan dan Kesehatan Kerja Las Busur Manual

Pada dasarnya keselamatan dan kesehatan kerja (K3) las busur manual (LBM) secara umum memiliki kesamaan dengan K3 pada las oksi asetilin. Perbedaannya, terutama pada penyebab kecelakaan atau gangguan kesehatan. Kalau pada las oksi asetilin, banyak disebabkan oleh panas yang ditimbulkan oleh api las oksi asetilin, sedangkan pada las busur manual disebabkan oleh panas dari busur listrik dan sinar las yang ditimbulkan oleh proses pengelasan.

Pada bahasan tentang K3 las busur manual ini, hanya akan difokuskan pada gangguang kesehatan dan kecelakaan yang ditimbulkan oleh listrik dan sinar las, karena bahasan K3 yang lainnya adalah relatif sama dengan bahasan pada las oksi asetilin.

1. Sengatan Listrik *(Electric Shock)*

Sengatan listrik (*electric shock*) merupakan kecelakaan yang dapat terjadi setiap saat pada kerja las, baik itu pada saat pemasangan peralatan, penyetelan atau pada saat pengelasan. Resiko yang akan terjadi dapat berupa luka bakar, pingsan serta dapat meninggal dunia. Oleh sebab itu perlu hati-hati waktu menghubungkan setiap alat yang dialiri listrik, umpamanya meja las, tang elektroda, elektroda dan lain-lain, terutama bila yang bersangkutan tidak menggunakan sarung tangan, atau sepatu yang basah.

Jika terjadi sengatan listrik pada seseorang, maka harus dilakukan tindakan secepat mungkin, karena keterlambatan pertolongan akan berakibat fatal kepada penderita. Untuk itu, perlu diketahui cara-cara untuk menolong agar penderita terhindar bahaya yang lebik buruk.

Berikut ini adalah langkah-langkag yang dapat dilakukan dalam melakukan pertolongan pada kecelakaan akibat sengatan listrik.

a. Matikan stop kontak (*switch off*) dengan segera
b. Berikan pertolongan pertama sesuai dengan kecelakaan yang dialami oleh penderira.

   Apabila tidak sempat mematikan stop kontak dengan segera, maka hindarkanlah penderita dari aliran listrik dengan memakai alat-alat yang kering (karet, plastik, kayu, dan sejenisnya) yang tidak bersifat konduktor (jangan gunakan bahan logam. Cara-caranya adalah sebagai berikut:

   1) Tarik penderita pada bagian-bagian pakaian yang kering (jangan memegang secara langsung).

2) Penolong berdiri pada bahan yang tidak bersifat konduktor (papan, menggunakan sepatu karet)
3) Doronglah penderita dengan alat yang sudah disediakan.
4) Hati-hati dalam menangani penderita, karena cedera pada saat terjadi kecelakaan, dimungkinkan ada bagian tubuh yang patah atau luka yang perlu mendapat perhatian. Untuk itu, bawalah penderita ke rumah sakit atau klinik terdekat dengan segera.

PERHATIAN

Cedera akan menjadi lebih parah dengan pemindahan (pertolongan) yang terburu-buru.

Upaya mencegah kecelakaan pada mesin las busur manual

a. Kabel primer harus terjamin dengan baik, mempunyai isolasi yang baik.
b. Kabel primer usahakan sependek mungkin.
c. Hindarkan kabel elektroda dan kabel masa dari goresan, loncatan bunga api dan kejatuhan benda panas, karena akan menyebabkan kabel akan terkelupas atau sobek.

d. Periksalah sambungan-sambungan kabel, apakah sudah ketat/ kuat, sebab persambungan yang longgar dapat menimbulkan panas yang tinggi.
e. Jangan meletakkan tang elektroda pada meja las atau pada benda kerja.
f. Perbaikilah segera kabel-kabel yang rusak.
g. Pemeliharaan dan perbaikan mesin las sebaiknya ditangani oleh orang yang telah ahli dalam teknik listrik.
h. Jangan mengganggu komponen-komponen dari mesin las.

2. Sinar Las

Dalam proses pengelasan dengan proses las busur manual timbul sinar yang membahayakan operator las dan pekerja lain di daerah pengelasan. Sinar yang membahayakan tersebut adalah cahaya tampak, sinar infra merah, dan sinar ultra violet.

a. Cahaya Tampak

Bahan las dan elektroda yang mencair pada proses las mengeluarkan cahaya tampak yang sangat terang dan menyilaukan. Semua cahaya tampak yang masuk ke mata akan diteruskan oleh lensa dan kornea mata ke retina mata. Bila cahaya ini terlalu kuat maka mata akan segera menjadi lelah dan sakit. Rasa lelah dan sakit pada mata sifatnya hanya sementara, namun kalau terjadi berulang-ulang dan dalam waktu yang lama, maka akan berpengaruh pada saraf-saraf disekitar mata, sehingga akan dapat menimbulkan rasa pusing/ sakit kepala.

b. Sinar Infra Merah

Sinar infra merah (*infra red*) berasal dari busur listrik . Adanya sinar infra merah tidak segera terasa oleh mata.

Karena sifatnya yang demikian, maka sinar ini lebih berbahaya, sebab tidak diketahui, dan tidak terlihat.

Akibat dari sinar infra merah adalah sama dengan pengaruh panas api secara langsung. Dampak yang paling cepat dan langsung terasa adalah pada mata, yaitu akan terjadi pembengkakan pada kelopak mata, terjadinya penyakit kornea dan kerabunan.

Jadi jelas akibat sinar infra merah jauh lebih berbahaya dari pada cahaya tampak. Sinar infra merah selain berbahaya pada mata juga dapat menyebabkan terbakar pada kulit berulang-ulang (mula-mula merah kemudian memar dan selanjutnya terkelupas yang sangat ringan).

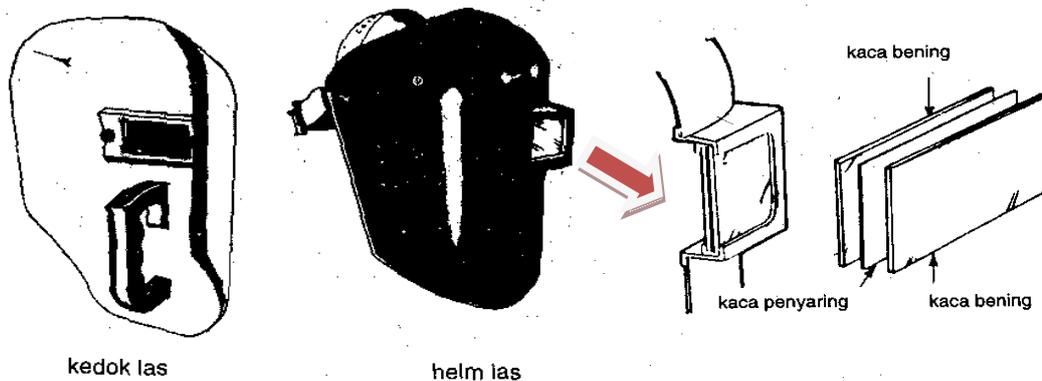
c. Sinar Ultra Violet

Sinar ultra violet sebenarnya adalah pancaran yang mudah terserap, tetapi sinar ini mempunyai pengaruh yang besar terhadap reaksi kimia yang terjadi di dalam tubuh. Bila sinar ultra violet yang terserap oleh lensa melebihi jumlah tertentu, maka pada mata terasa seakan-akan ada benda asing didalamnya dalam waktu antara 6 sampai 12 jam, kemudian mata akan menjadi sakit selama 6 sampai 24 jam. Pada umumnya rasa sakit ini akan hilang setelah 48 jam.

Pencegahan kecelakaan karena sinar las

a. Memakai perrlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja berupa alat pelindung diri (APD) atau *personal protective equipment (PPE)* antara lain*:* pakaian kerja, apron/ jaket las, sarung tangan, dan helm/ kedok las.

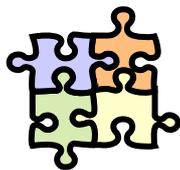
b. Buatlah batas atau pelindung daerah pengelasan agar orang lain tidak terganggu, yakni menggunakan kamar las yang tertutup, atau tabir penghalang.

Salah satu APD yang sangat penting dalam kerja las busur manual adalah kedok/ helm las untuk melindungi wajah, terutama mata. Helm/ kedok las dilengkapi dengan kaca penyaring (*filter*) untuk menghilangkan dan menyaring sinar infra merah dan ultra violet. *Filter* dilapisi oleh kaca atau plastik bening yang ditempatkan di sebelah luar dan dalam. Kaca bagian luar berfungsi untuk melindungi *filter* dari percikan-percikan las, sedangkan kaca bagian dalam berfungsi sebagai kaca mata (melindung mata) pada saat persiapan atau membersihkan hasil las.

Gambar: Kedok dan Helm Las dan Kaca Penyaring

Adapun ukuran (tingkat kegelapan/ *shade*) kaca penyaring tersebut berbanding lurus dengan besarnya arus pengelasan. Berikut ini ketentuan umum perbandingan antara ukuran penyaring dan besar arus pengelasan pada proses las busur manual.

TABEL 3.1

PERBANDINGAN BESARAN ARUS LAS DAN UKURAN KACA PENYARING

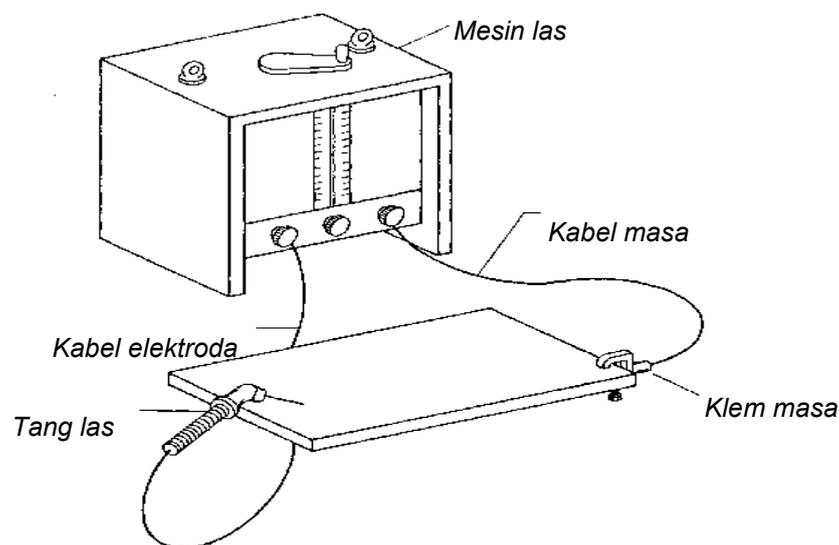
Amper	Ukuran Kaca Penyaring
Sampai dengan 150 Amper	10
150 – 250 Amper	11
250 – 300 Amper	12
300 – 400 Amper	13
Lebih dari 400 Amper	14

Tugas 3.1

Setelah mempelajari materi tentang keselamatan dan kesehatan kerja las busur, coba kalian bentuk kelompok yang terdiri dari 4-5 orang teman, kemudian lakukan kegiatan sebagai berikut:

- *Lakukan observasi terhadap kondisi dan kelengkapan peralatan keselamatan dan kesehatan kerja pada bengkel las busur manual tempat kalian akan melakukan praktik las.*
- *Masing-masing kalian harus membuat catatan masing-masing tentang kegiatan dan hasil observasinya.*
- *Diskusikan hasil observasi kalian dengan sesama teman satu kelompok, kemudian buat laporan singkat tentang temuan/ hasil observasi yang kalian lakukan.*
- ***Pilihlah salah seorang dari kelompok kalian untuk menjadi "presenter".***
- *Presentasikan hasil observasi kelompok kalian kepada guru dan teman-teman kelompok lain.*

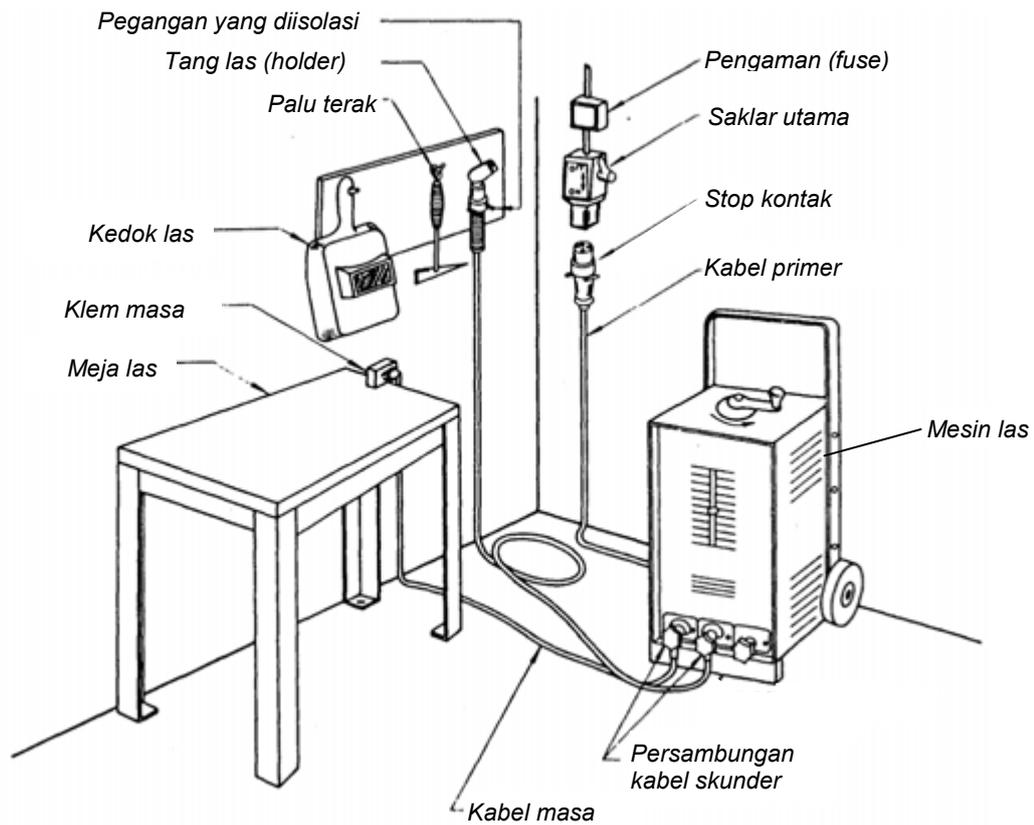
C. Peralatan Las Busur Manual

Peralatan las busur manual terdiri dari peralatan utama, peralatan bantu serta keselamatan dan kesehatan kerja. Untuk dapat melakukan proses pengelasan dengan baik, maka peralatan tersebut perlu dilengkapi sesuai dengan kebutuhan pengelasan.

Peralatan utama adalah alat-alat yang berhubungan langsung dengan proses pengelasan; sehingga dengan tidak adanya salah satu dari peralatan tersebut, maka pengelasan tidak dapat dilakukan. Secara umum peralatan utama dalam proses las busur manual antara lain adalah: mesin las, kabel las, tang las (*holder*) dan klem masa sebagaimana pada gambar berikut.

Gambar : Peralatan Utama Las Busur Manual

Alat-alat bantu yang diperlukan dalam pekerjaan las busur manual setidaknya terdiri dari: palu terak (*chipping hammer*), sikat baja dan tang penjepit (smit tang).

Berikut ini adalah gambar/ ilustrasi sebuah ruang las beserta peralatannya, coba kalian perhatikan secara seksama.

Pegangan yang diisolasi
Tang las (holder)
Palu terak
Kedok las
Klem masa
Meja las
Pengaman (fuse)
Saklar utama
Stop kontak
Kabel primer
Mesin las
Persambungan kabel skunder
Kabel masa

Gambar: Peralatan Las Busur Manual

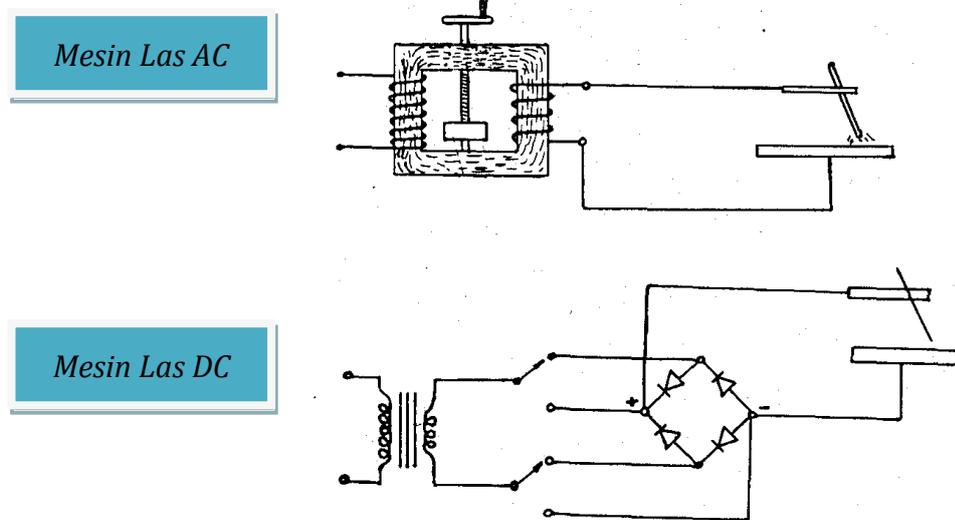
1. Mesin Las Busur Manual

a. Jenis dan pengkutuban mesin las

Mesin las busur manual secara umum dibagi dalam 2 golongan, yaitu: mesin las arus bolak balik (*Alternating Current/ AC Welding Machine*) dan mesin las arus searah (*Direct Current/ DC Welding Machine*).

Mesin las AC sebenarnya adalah transpormator penurun tegangan. Transformator (trafo mesin las) adalah alat yang dapat merubah tegangan yang keluar dari mesin las, yakni dari 110 Volt, 220 Volt, atau 380 Volt menjadi berkisar antara 45 – 80 Volt dengan arus (Amper) yang tinggi.

Mesin las DC mendapatkan sumber tenaga listrik dari trafo las (AC) yang kemudian diubah menjadi arus searah atau dari generator arus searah yang digerakkan oleh motor bensin atau motor diesel sehingga cocok untuk pekerjaan lapangan atau untuk bengkel-bengkel kecil yang tidak mempunyai jaringan listrik. Sesuai dengan perkembangan teknologi, dewasa ini juga sudah ada mesin las dengan teknologi "inverter" yang lebih simpel, dimana pengubah arusnya menggunakan rangkaian elektronik (tidak berbasis transformator) dan tidak membutuhkan sumber listrik yang besar (lebih efisien).

Mesin Las AC

Mesin Las DC

Gambar: Sirkuit Mesin Las AC dan DC (berbasis Transformator)

Kedua jenis mesin las tersebut mempunyai karakteristik yang berbeda, sehingga dalam penggunaannya harus benar-benar diperhatikan agar sesuai dengan bahan yang dilas ataupun teknik-teknik pengelasannya.

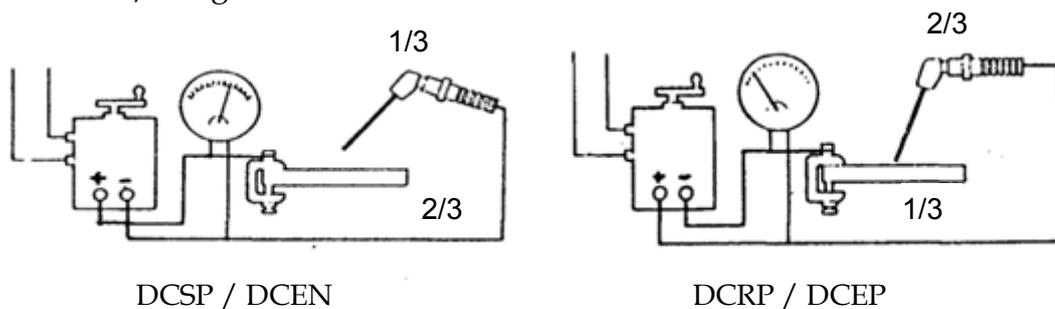
Khusus pada mesin las arus searah (AC) dapat diatur/ dibolak-balik sesuai dengan keperluan pengelasan, ialah dengan cara :

a. Pengkutuban langsung (*Direct Current Straight Polarity/* DCSP/DCEN)

b. Pengkutuban terbalik (*Direct Current Reverce Polarity /* DCRP/DCEP)

Pengkutuban langsung (DCSP/DCEN), berarti kutub positif (+) mesin las dihubungkan dengan benda kerja dan kutub negatif (-) dihubungkan dengan kabel elektroda. Dengan hubungan seperti ini panas pengelasan yang terjadi 1/3 bagian panas memanaskan elektroda sedangkan 2/3 bagian memanaskan benda kerja. Adapun pada pengkutuban terbalik (DCRP/ DCEP), maka kutub negatif (-) mesin las dihubungkan dengan benda kerja, dan kutub positif (+) dihubungkan dengan elektroda. Pada hubungan semacam ini panas pengelasan yang terjadi 1/3 bagian panas memanaskan benda kerja dan 2/3 bagian memanaskan elektroda.

1/3 2/3 2/3 1/3

DCSP / DCEN DCRP / DCEP

Gambar : Pengkutuban Mesin Las DC

Adapun untuk pengaturan besaran arus pada pengelasan dapat dilakukan dengan cara memutar tuas, menarik, atau menekan, tergantung pada konstruksi/ disainnya, sehingga kedudukan inti medan magnit bergeser naik-turun pada transformator. Pada mesin las arus bolak-balik, kabel masa dan kabel elektroda dipertukarkan tidak mempengaruhi perubahan panas yang timbul pada busur nyala.

Besar kecilnya arus las terutama tergantung pada besarnya diameter elektroda dan tipe elektroda. Kadang kala juga terpengaruh oleh jenis bahan yang dilas dan oleh posisi atau arah pengelasan. Biasanya, tiap pabrik pembuat elektroda mencantumkan tabel variabel penggunaan arus las yang disarankan pada bagian luar kemasan elektroda.

b. *Duty Cycle*

Komponen mesin las cenderung panas ketika adanya arus listrik mengalir (saat proses pengelasan terjadi). Jumlah panas yang ditimbulka sangat tergantung pada sistem pendingin mesin dan bahan yang digunakan untuk isolasi (*electrical insulation*) lilitan transformator dan komponen lainnya.

Untuk menjaga agar mesin las tidak kelebihan panas "*overheating*", maka pihak produsen menetapkan siklus kerja mesin las, yang biasanya disebut dengan istilah "*duty cycle*".

Duty cycle merupakan rasio dari beban penggunaan mesin las terhadap waktu yang diizinkan didasarkan pada hasil uji interval waktu. *Duty cycle* dinyatakan dalam persentase (%) waktu maksimum pada besaran arus tertentu tanpa melebihi temperatur yang ditetapkan (*overheating*). Menurut NEMA (*The National Electrical Manufacturers Association*) Amerika Serikat, *duty cycle* didasarkan pada interval uji 10 menit, tapi pada negara lain ada yang menggunakan interval 5 menit.

Dengan demikian, *duty cycle* 60% menurut NEMA, berarti mesin las dapat memberikan pasokan listrik (*output*) secara efisien dan aman selama 6 menit dalam 10 menit (6/10 menit) penggunaan, tanpa terjadi *overheating*. Namun demikian, di masa lalu dan

beberapa produsen mesin las masa sekarang, khususnya untuk mesin las kapasitas besar (750 Amper atau lebih) ada juga penetapan *duty cycle* pada interval waktu satu jam.

Duty cycle merupakan faktor utama dalam menentukan rancangan mesin las (*power supplay*). Pada mesin las busur manual biasanya dirancang dengan *duty cycle* 60%. Untuk proses otomatis dan semi-otomatis, biasanya *duty cycle* 100%, sedangkan untuk mesin las yang kecil biasanya dengan *duty cycle* 20%.

Rumus berikut ini dapat digunakan untuk memperkirakan *duty cycle* pada penggunaan besaran arus las yang berbeda.

$$T_a = \left(\frac{I}{I_a}\right)^2 \times T \quad \text{....... Rumus 1}$$

$$I_a = I \times \left(\frac{T}{T_a}\right)^{1/2} \quad \text{....... Rumus 2}$$

T = *duty cycle* dalam persen (%)

Ta = *duty cycle* yang dibutuh dalam persen (%)

I = besar arus sesuai *duty cycle*

Ia = maksimum arus pada *duty cycle* yang dibutuhkan

Contoh 1:

Jika *duty cycle* mesin las pada 200 A adalah 60%, berapa *duty cycle* yang diizinkan pada pengoperasian 250 A ?

Dengan menggunakan rumus 1 di atas, maka akan diperoleh:

$$T_a = \left(\frac{200}{250}\right)^2 \times 60\% = (.8)^2 \times .6 = 38\%$$

Artinya, bahwa mesin las "tidak diizinkan" dioperasikan lebih dari 38% (3,8 menit) dalam periode 10 menit pada besaran arus 250 A. Jika digunakan pada keadaan tersebut (3,8/10), maka mesin las tidak akan terjadi *overheating.*

Contoh 2:

Untuk pengoperasian mesin las secara terus menerus (100%), berapa *output* (besaran arus las) yang digunakan?

Dengan menggunakan rumus 2 di atas, maka akan diperoleh:

$$I_a = 200 \times \left(\frac{60}{100}\right)^{1/2} = 200 \times .775 = 155 \text{ amps}$$

Artinya, bahwa mesin las dapat dioperasikan secara terus menerus (*duty cycle* 100%) jika besaran arus las tidak lebih dari 155 A.

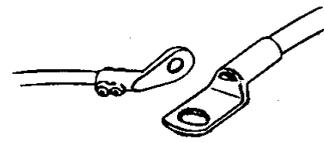
2. Kabel Las

Pada mesin las terdapat kabel primer (*primary power cable*) dan kabel sekunder atau kabel las (*welding cable*).

Kabel primer ialah kabel yang menghubungkan antara sumber tenaga dengan mesin las. Jumlah kawat inti pada kabel primer disesuaikan dengan jumlah *phasa* mesin las ditambah satu kawat sebagai hubungan masa tanah dari mesin las.

Kabel sekunder ialah kabel-kabel yang dipakai untuk keperluan mengelas, terdiri dari dua buah kabel yang masing-masing dihubungkan dengan penjepit (tang) elektroda dan penjepit (*holder*) benda kerja. Inti kabel terdiri dari kawat-kawat yang halus dan banyak jumlahnya serta dilengkapi dengan isolasi. Kabel-kabel sekunder ini tidak boleh kaku , harus mudah ditekuk/ digulung.

Penggunaan kabel pada mesin las hendaknya disesuaikan dengan kapasitas arus maksimum dari pada mesin las. Makin kecil diameter kabel atau makin panjang ukuran kabel, maka tahanan/hambatan kabel akan naik, sebaliknya makin besar diameter kabel dan makin pendek maka hambatan akan rendah.

Pada ujung kabel las biasanya dipasang sepatu kabel untuk pengikatan kabel pada terminal mesin las dan pada penjepit elektroda maupun pada penjepit masa.

Gambar: Sepatu Kabel

3. Tang Las

Elektroda dijepit dengan tang las (elektroda). Tang las dibuat dari bahan kuningan atau tembaga dan dibungkus dengan bahan yang berisolasi yang tahan terhadap panas dan arus listrik, seperti ebonit. Mulut penjepit hendaknya selalu bersih dan kencang ikatannya agar hambatan arus yang terjadi sekecil mungkin.

Gambar: Tang Elektroda **(***Holder***)**

4. Klem Masa

Untuk menghubungkan kabel masa ke benda kerja atau meja kerja dipergunakan penjepit (klem) masa. Bahan penjepit kabel masa sebaiknya sama dengan bahan penjepit elektroda (logam penghantar arus yang baik). Penjepit masa dijepitkan pada benda kerja dan pada tempat yang bersih dan kencang.

Gambar: Klem Masa

5. Alat-alat Bantu Las Busur Manual

a. Palu terak dan sikat baja

Palu terak (*chipping hammer*) dan sikat kawat baja dipergunakan untuk membersihkan terak-terak setiap selesai satu pengelasan atau pada waktu akan menyambung suatu jalur las yang terputus. Palu terak mempunyai ujung-ujung yang berbentuk pahat dan runcing. Ujung yang runcing dipakai membuang rigi-rigi pada bagian yang berbentuk sudut, sedangkan ujung yang berbentuk pahat dipergunakan pada permukaan rigi-rigi yang rata.

Untuk membersihkan bagian-bagian terak yang ketinggalan, setelah diketok dengan palu terak, selanjutnya disikat dengan sikat kawat baja sehingga rigi-rigi las benar-benar bebas dari terak, selain itu digunakan untuk membersihkan bidang benda kerja sebelum dilas.

b. Tang Penjepit (Smith Tang)

Untuk memegang benda kerja yang panas dipergunakan alat (tang) penjepit dengan alternatif macam-macam bentuk, seperti bentuk mulut rata, mulut bulat, mulut srigala atau mulut kombinasi.

Palu terak *Sikat baja* *Smith tang*

Gambar : Palu Terak, Sikat Baja, dan Smith Tang

Disamping alat-alat bantu di atas (palu terak, sikat baja, dan smith tang), pada pekerja las busur manual masih diperlukan alat-lat bantu lain yang penggunaannya relatif beragam tergantung kebutuhan. Misalnya dalam persiapan bahan, kadangkala masih diperlukan penggaris (mistar baja) kikir, siku, dan pengukur sudut (busur derajat), sedangkan saat proses pengelasan dan perbaikan diperlukan palu baja dan pahat. Jadi, dalam hal ini sangat tergantung pada kondisi atau kasus yang terjadi dalam proses pengerjaannya.

RANGKUMAN

Pengelasan dengan proses las busur manual (SMAW) memerlukan peralatan yang terdiri dari peralatan utama, alat-alat bantu, perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja.

Peralatan utama utama adalah alat-alat yang berhubungan langsung dengan proses pengelasan yang terdiri dari: mesin las, kabel las, tang las (*holder*) dan klem masa. Alat-alat bantu setidaknya terdiri dari: palu terak (*chipping hammer*), sikat baja dan tang penjepit (smit tang). Sedangkan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja adalah terdiri dari APD terdiri dari: pakaian kerja, apron/ jaket las, sarung tangan, dan helm/ kedok las.

Dalam pengelasan kalian harus memahami tentang jenis dan pengkutuban mesin las, terutama bagaimana memasang (*setting*) mesin las dalam berbagai keperluan pengelasan dan penggunaan arus AC, DCSP, dan DCSP, serta faham tentang besaran arus las dan *duty cycle* mesin yang digunakan.

D. Elektroda Las Busur Manual

1. Fungsi Elektroda

Elektroda las busur manual adalah salah satu jenis elektroda berselaput/ bersalutan (*shielded*); terdiri dari kawat inti dan salutan (*flux*) elektroda.

a. Inti elektroda, secara umum berfungsi sebagai:

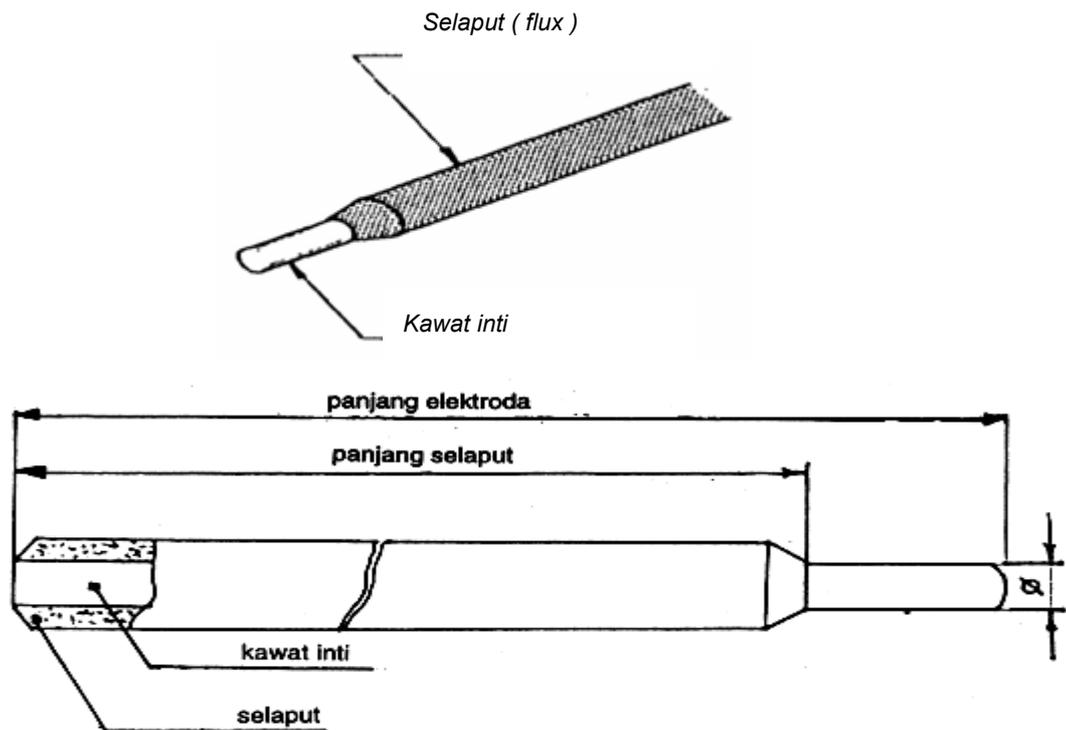
- penghantar arus listrik dari tang elektroda ke busur yang terbentuk, setelah bersentuhan dengan benda kerja;
- -bahan tambah/ pengisi.

Adapun bahan inti elektroda dibuat dari logam ferro dan non ferro misalnya: baja karbon, baja paduan, alumunium, kuningan, dan lain-lain.

b. Salutan elektroda, fungsinya adalah untuk:

- memberikan gas pelindung pada logam yang dilas, melindungi kontaminasi udara pada waktu logam dalam keadaan cair;
- membentuk lapisan terak, yang melapisi hasil pengelasan dari oksidasi udara selama proses pendinginan;
- mencegah proses pendinginan agar tidak terlalu cepat;
- memudahkan penyalaan;
- mengontrol stabilitas busur.

Salutan elektroda peka terhadap lembab, oleh karena itu elektroda yang telah dibuka dari bungkusnya disimpan dalam kabinet pemanas (*oven*) yang bersuhu kira-kira 15° C lebih tinggi dari suhu udara luar. Apabila tidak demikian, maka kelembaban akan menyebabkan hal-hal sebagai berikut :

- Salutan mudah terkelupas, sehingga sulit untuk menyalakan;
- Percikan yang berlebihan;
- Busur tidak stabil;
- Asap yang berlebihan.

Gambar : Elektroda Las Busur Manual

2. Tipe Salutan dan Ukuran Elektroda

Tipe saluran elektroda sangat beragam tergantung pada jenis bahan dan bentuk konstruksi pengelasannya. Secara umum terdiri dari jenis rutile, cellulose, serbuk besi dan basic (*low hydrogen*)

a. Rutile

Rutile adalah jenis elektroda untuk penggunaan umum dan dipakai untuk menyambung, pada pekerjaan-pekerjaan struktur dan baja lembaran. Elektroda ini mudah digunakan pada berbagai posisi, penetrasi sedang dengan percikan yang sedikit dan hasil las yang rapi/ halus.

b. Cellulose

Elektroda *cellulose* membentuk terak yang sangat tipis yang cukup mudah dibersihkan. Untuk mengimbangi terak yang tipis,

elektroda menghasilkan suatu volume gas pelindung yang besar untuk melindungi cairan logam selama proses pengelasan.

Elektroda *cellulose* mempunyai karakteristik busur yang kuat dan agresif serta mencair dan membeku secara cepat. Penetrasinya dalam dengan percikan yang banyak, maka elektroda ini digunakan terutama untuk pengisian akar (root) pada pengelasan pipa, pelat dan baja profil.

c. Serbuk Besi

Elektroda serbuk besi menghasilkan penetrasi yang dalam dan akan mencair dengan cepat bila arus pengelasan yang tinggi digunakan.

Secara umum digunakan untuk menghasilkan penetrasi akar yang baik pada sambungan tumpul posisi di bawah tangan dan sambungan sudut posisi mendatar.

d. Basic (*Low Hydrogen*)

Elektroda *low hydrogen* akan mengahasilkan pengisian dengan sifat mekanik yang sangan baik.

Elekroda jenis ini digunakan untuk mengelas baja karbon sedang, baja paduan atau untuk menghasil sambungan-sambungan yang kuat.

Elektroda diproduksi dengan standar ukuran panjang dan diameter. Diameter elektroda diukur pada kawat intinya. Ukuran diameter elektroda secara umum berkisar antara 1,5 sampai dengan 7 mm, panjang antara 250 – 450 mm serta dengan tebal salutan antara 10% - 50% dari diameter elektroda.

Dalam perdagangan elektroda tersedia dengan beratnya 25 kg, 20 kg, atau 5 kg; dibungkus dalam dus atau kemasan yang terbuat dari kertas dan lapisan plastik pada bagian luarnya.

Biasanya pada tiap kemasan dituliskan ukuran elektroda, yaitu : berat per kemasan/ kotak dan diameter elektrodanya, disamping identitas atau keterangan lain, antara lain : merk / pabrik pembuat, kode produksi dan kode elektroda, ketentuan-ketentuan penggunaan, dll.

3. Kode dan Penggunaan Elektroda

Kode elektroda digunakan untuk mengelompokkan elektroda dari perbedaan pabrik pembuatnya terhadap kesamaan jenis dan pemakaiannya. Kode elektroda ini biasanya dituliskan pada salutan elektroda dan pada kemasan/ bungkusnya.

Menurut *American Welding Society* (AWS) kode elektroda dinyatakan dengan E diikuti dengan 4 atau lima digit (E XXX) yang artinya adalah sebagai berikut:

E = elektroda

Dua atau tiga digit pertama: menunjukkan nilai **kekuatan tarik (** ***tensile strength*****) minimum x 1000 psi** pada hasil pengelasan yang diperkenankan.

Digit ke tiga atau empat : menunjukkan tentang **posisi pengelasan** yang artinya sbb :

1 = elektroda dapat digunakan untuk semua posisi (E xx1x)

2 = elektroda dapat digunakan untuk posisi di bawah tangan dan mendatar pada sambungan sudut/ 2F (E xx2x)

3 = hanya untuk posisi di bawah tangan saja (E xx3x)

4 = untuk semua posisi kecuali arah turun (E .xx4x)

Digit terakhir (ke empat/ lima) menunjukkan tentang jenis arus dan tipe salutan.

Digit (angka) tersebut mulai dari 0 s.d. 8 yang menunjukkan tipe arus dan pengkutuban (*polarity*) yang digunakan, di mana ada empat pengelompokan yang dapat menunjukkan tipe arus untuk tiap tipe elektroda, yaitu:

- Elektroda dengan digit terakhirnya 0 dan 5 dapat digunakan hanya untuk tipe arus DCRP.
- Elektroda dengan digit terakhirnya 2 dan 7 dapat digunakan untuk arus AC atau DCSP.
- Elektroda dengan digit terakhirnya 3 dan 4 dapat digunakan untuk arus AC atau DC (DCRP dan DCSP).
- Elektroda dengan digit terakhirnya 1, 6 dan 8 dapat digunakan untuk arus AC atau DCRP.

Khusus untuk tipe salutan (*flux*) elektroda, secara umum adalah sebagai berikut :

- 0 dan 1 = tipe salutannya adalah : ***celluloce*** (E xxx0 atau E xxx1)
- 2, 3 dan 4 = tipe salutannya adalah : ***rutile*** (E xxx2, E xxx3 atau E xxx4)
- 5, 6 dan 8 = tipe salutannya adalah : ***basic/ base*** (E xxx5, E xxx6 atau E xxx8)
- 7 = tipe salutannya adalah : ***oksida besi*** (E xxx7).

Dalam klasifikasi elekrtoda las busur manual yang mengacu pada *American Welding Society* (AWS) *Specification*, yakni Spesifikasi A5.1 untuk *mild steel* dan A5.5 untuk *low-alloy steel* dijelaskan lebih lanjut tentang macam-macam jenis salutan serta penggunaan tiap-tiap elektroda sebagaimana tabel berikut ini.

TABEL 3.2

TIPE SALUTAN DAN ARUS LAS

Klasifikasi	Tipe Salutan	Arus	Penggunaan secara Umum
E XX10	Cellulose	DC Positif	- Pengelasan akar (*root*) - Pengelasan Pipa
E XX11		AC/DC Positif	
E XX12	Rutile	AC/DC Negatif	Penggunaan Umum
E XX13		AC/DC	
E XX14	Rutile, serbuk besi ± 30%	AC/DC	Penggunaan Umum
E XX15	Low hydrogen	DC Positif	Untuk penyambungan yang kuat dan kualitas tinggi
E XX16		AC/DC Positif	
E XX18	Low hydrogen, serbuk besi ± 25%	AC/DC Positif	
E XX20	Oksida Besi Kadar Tinggi (*High Iron Oxide*)	AC/DC	Untuk pengelasan akar (*root*) pada sambungan tumpul posisi di bawah tangan dan sambungan sudut posisi horizontal.
E XX24	Rutile, serbuk besi ± 50%	AC/DC	Untuk pengisian jumlah banyak/ cepat pada posisi di bawah tangan.
E XX27	Mineral, serbuk besi ± 50%	AC/DC	
E XX28	Low hydrogen, serbuk besi 50%	AC/DC Positif	Untuk pengisian jumlah banyak/ cepat dan sambungan yang kuat.

Contoh pembacaan kode elektroda las busur manual:

E 6013

E = elektroda.

60 = kekuatan tarik minimum = 60 x 1000 psi = 60.000 psi

1 = elektroda dapat dipakai untuk semua posisi

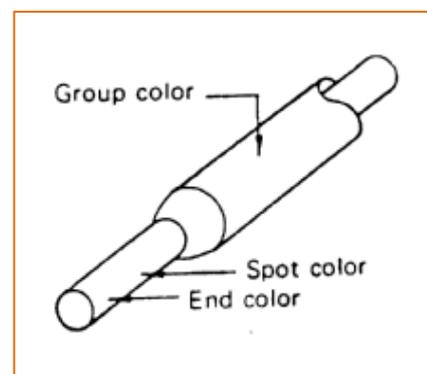
3 = tipe salutan adalah *rutile* dan arus AC atau DC.

4. Pemilihan Elektroda

Banyak hal yang dijadikan dasar dalam menentukan tipe elekroda yang akan digunakan pada suatu pengelasan. Namun secara umum penetapan penggunaan elektroda didasarkan atas hal-hal berikit ini :

1. Bentuk/ jenis pekerjaan yang akan dibuat, yaitu : disain, jenis bahan, tebal bahan.
2. Tipe mesin las yang akan dipakai.
3. Karakteristik pengelasan, antara lain:
   - banyaknya pengisian
   - kekuatan
   - kedalaman penetrasi
   - kemudahan penyalaan
   - level percikan
   - volume terak dan kemudahan dalam membersihkannya
   - emisi asap

Disamping hal-hal yang tersebut di atas, seorang teknisi las juga perlu memahami dan mengenali fisik elektroda secara baik, baik ukuran panjang, diameter serta warna tiap-tiap jenis elektroda, agar tidak terjadi kesalahan dalam penggunaannya.

Khusus untuk warna elektroda, menurut AWS dibedakan atas warna salutan (*group color*), warna kawat inti (*spot color*) dan warna ujung kawat inti (*end color*).

Gambar : Penjelasan Warna Elektroda

Adapun untuk menetukan ukuran (diameter) elektroda terkait dengan besaran arus las. Untuk itu, teknisi/ operator las dapat menentukan dengan mudah sesuai dengan pengalamannya, namun tabel berikut ini dapat digunakan acuan dasar dalam menentukan besar arus las yang sesuai dengan diameter elektroda.

TABEL 3.3

DIAMETER ELEKTRODA

DIAMETER ELEKTRODA		BESAR ARUS
1/16 Inchi	1,5 mm	20 – 40 Amper
5/64 Inchi	2,0 mm	30 – 60 Amper
3/32 Inchi	2,5 mm	40 – 80 Amper
1/8 Inchi	3,2 mm	70 – 120 Amper
5/32 Inchi	4,0 mm	120 – 170 Amper
3/16 Inchi	4,8 mm	140 –240 Amper
1/4 Inchi	6,4 mm	200 – 350 Amper

5. Rekondisi Elektroda

Kondisi yang kurang baik dari elektroda akan berdampak terhadap proses dan hasil las, misalnya kadar air pada elektroda terlalu tinggi (lembab). Hal ini akan menyebabkan keropos (*porosity*) dan/ atau keretakan pada hasil las, disamping menimbulkan masalah-masalah pada saat pengelasan, antara lain :

- busur las tidak stabil
- banyak percikan dan asap las
- terak sulit dibersihkan

Untuk menghindari timbulnya hal-hal tersebut di atas, maka elektroda perlu selalu dijaga kondisinya sesuai dengan ketentuan masing-masing jenis elektroda.

Jika elektroda terlalu lembab, dapat dilakukan rekondisi dan dikering ulang dengan menggunakan alat pengering (*oven*) yang dapat diatur temperaturnya; dengan catatan, untuk jenis elektroda tertentu membutuhkan sedikit kelembaban agar salutannya tidak rusak.

Berikut ini adalah ketentuan umum dalam merekondisi elektroda (biasanya *rekondisi* elektroda direkomendasikan oleh pabrik pembuatnya).

a. Elektroda Rutile

Elektroda rutile membutuhkan sedikit kelembaban untuk menghasilkan pengelasan yang baik. Ini dilakukan pada saat proses produksi.

Pengeringan ulang untuk elektroda jenis rutile dilakukan pada temperatur antara 70°C sampai dengan 170°C selama ± 30 menit.

b. Elektroda Cellulose

Elektroda ini membutuhkan sedikit lebih banyak kelembaban untuk menghasilan pengelasan yang baik. Jika terlalu kering akan mempengaruhi busur las dan karakteristik pemakaian.

Oleh karena itu, maka elektroda jenis *cellulose* tidak disarankan untuk dikeringkan dengan oven, tapi cukup pada udara terbuka.

c. Elektroda Low Hydrogen:

Elektroda *low hydrogen* harus digunakan dalam keadaan kering, sehingga jika lembab maka harus dikering ulang pada temperatur antara 300°C s.d. 350°C selama satu jam dan jika melebihi

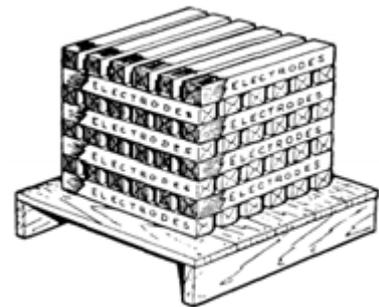
temperatur maksimal, akan mengakibatkan berubahnya sifat kimia dan akan bersifat tetap.

d. Elektroda Serbuk Besi

Elektroda serbuk besi harus digunakan dalam keadaan yang relatif kering, sehingga jika lembab maka harus dikering ulang pada temperatur sekitar 150°C selama satu jam.

6. Penyimpanan Elektroda

Agar elektroda bertahan lama sebelum digunakan, maka elektroda perlu disimpan secara baik dan benar. Oleh sebab itu perlu diperhatihan hal-hal berikut dalam menyimpan elektroda :

a. Simpan elektroda pada tempat yang kering dengan kemasan yang masih tertutup rapi (kemasan tidak rusak).
b. Jangan disimpan langsung pada lantai. Beri alas sehingga ada jarak dari lantai
c. Yakinkan, bahwa udara dapat bersikulasi di bawah tempat penyimpanan (rak).
d. Hindarkan dari benda-benda lain yang memungkinkan terjadinya kelembaban.
e. Temperatur ruangan penyimpanan sebaiknya sekitar 5^{o} C diatas temperatur rata-rata udara luar.
f. Bila elektroda tidak dapat disimpan pada tempat yang memenuhi syarat, maka sebaiknya beri bahan pengikat kelembaban, seperti *silica gel* pada tempat penyimpanan tersebut.

RANGKUMAN

Elektroda las busur manual terdiri dari bagian inti dan salutan atau selaput. Inti berfungsi sebagai penghantar arus listrik dan sebagai bahan tambah atau pengisi. Bahan inti elektroda sangat beragam tergantung kebutuhan atau jenis bahan yang dilas, antara lain yang paling banyak adalah baja karbon dan baja paduan. Adapun salutan elektroda berfungsi sebagai: (1) media yang akan membentuk gas pelindung dari kontaminasi udara pada waktu logam dalam keadaan cair, (2) membentuk lapisan terak, yang melapisi hasil pengelasan dari oksidasi udara selama proses pendinginan, (3) mencegah proses pendinginan agar tidak terlalu cepat, dan (4) mengontrol stabilitas busur.

Dalam penggunaannya, kalian perlu memahami bagaimana memilih, prosedur pemakaian, merawat/ menyimpan elektroda agar proses pengelasan dan kualitas las sesuai dengan standar yang diharapkan.

Pemilihan elektroda dapat didasarkan atas bentuk/ jenis pekerjaan, tipe mesin las, dan karakteristik pengelasan (a.l. kekuatan, kedalaman penetrasi, kemudahan penyalaan, dll.). Untuk itu, kalian harus dapat mengenal jenis elektroda secara benar, terutama pembacaan kode elektroda, misalnya berdasarkan standar *American Welding Society* (AWS) yang menjelaskan bahwa: kode elektroda yang diawali dengan spesifikasi (contohnya A5.1 untuk *mild steel* dan A5.5 untuk *low-alloy steel),* kemudian diikuti dengan "huruf E" yang berarti "elektroda" dan diiringi 4 s.d. 5 digit angka. Misalnya untuk kode elektroda yang empat digit, artinya sebagai berikut: (1) dua digit pertama berarti menunjukkan nilai kekuatan tarik

(*tensile strength*) minimum x 1000 psi pada hasil pengelasan yang diperkenankan, (2) digit ke tiga menunjukkan posisi pengelasan, dan (3) digit ke empat menunjukkan jenis salutan dan jenis arus las yang digunakan.

Penanganan/ penyimpanan elektroda perlu menjadi perhatian, karena salutan elektroda peka terhadap lembab, oleh karena itu elektroda yang telah dibuka dari bungkusnya disimpan dalam kabinet pemanas (*oven*) yang bersuhu kira-kira 15° C lebih tinggi dari suhu udara luar. Apabila tidak demikian, maka kelembaban akan menyebabkan salutan mudah terkelupas sehingga sulit untuk menyalakan atau busur tidak stabil, serta percikan yang berlebihan.

E. Istilah Las

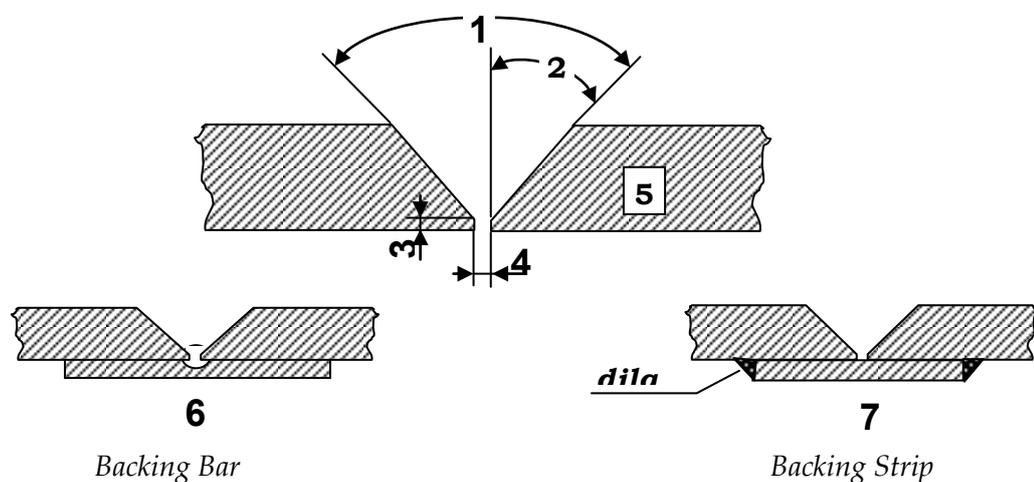
Pada proses pengelasan, khususnya las busur manual banyak digunakan kata-kata, kalimat pendek atau *istilah* yang berasal dari bahasa asing, namun pada proses perencanaan/ persiapan, pelaksanaan dan pemeriksaan atau pengujian hasil las istilah tersebut dipakai secara luas untuk kesamaan pemahaman atau acuan dalam suatu standar pengelasan.

1. Istilah-Istilah pada Persiapan Pengelasan

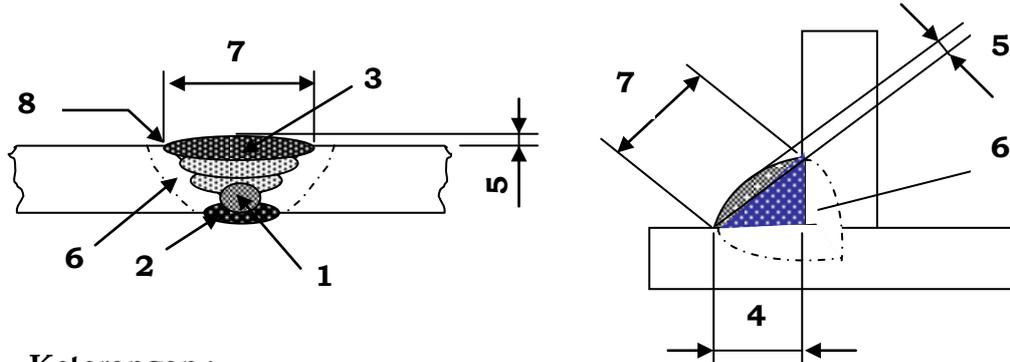
6

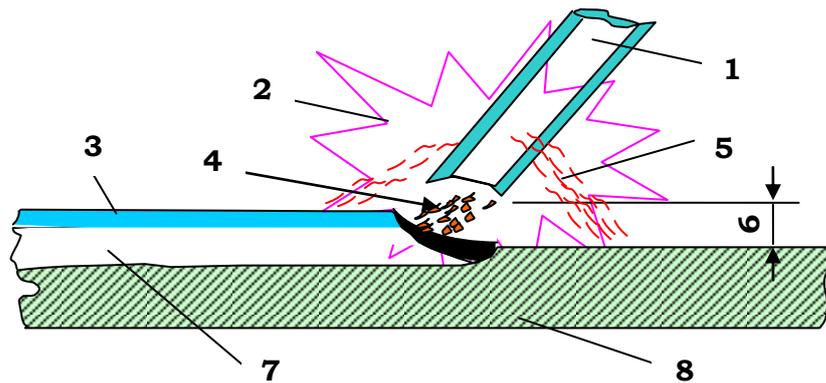
Backing Bar

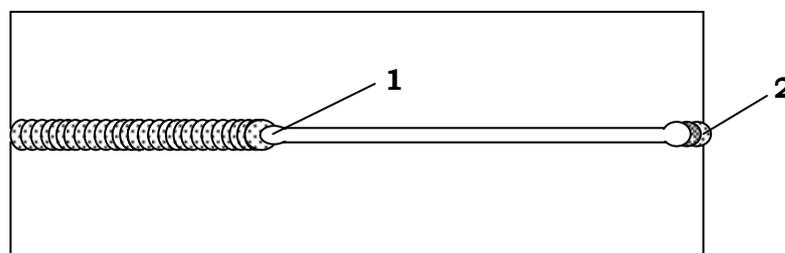
7

Backing Strip

Keterangan :

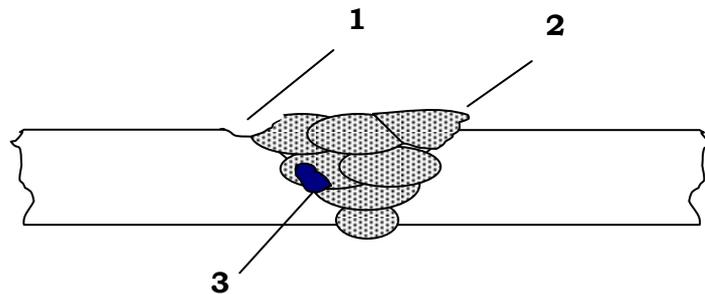
1. *Included angle* = sudut kampuh
2. *Angle of bevel* = setengah sudut kampuh
3. *Root face* = bidang permukaan akar las
4. *Root gap* = jarak antara dua benda yang akan dilas
5. *Base metal/parent metal* = logam yang disambung
6. *Backing bar* = logam (umumnya tidak sejenis) atau bahan lain (seperti keramik, tembaga) yang diletakkan di bagian belakang benda yang akan dilas dan tidak menjadi satu dengan benda yang disambung.
7. *Backing strip* = logam yang diletakkan di bagian belakang benda yang disambung dan menjadi satu dengan logam yang dilas.

2. Istilah-Istilah pada Proses Pengelasan

Keterangan :

1. *Root run* = jalur pertama
2. *Sealing run* = jalur pengisi di bagian belakang
3. *Sealing weld* = jalur las pengisi
4. *Leg length* = kaki las
5. *Reinforcement* = penguatan
6. *Heat affected zone* (*HAZ*) = daerah pengaruh panas
7. *Weld width* = lebar las
8. *Toe* = kaki jalur las

Keterangan :

1. *Electrode core wire* = kawat inti elektroda
2. *Arc flame* = nyala busur
3. *Slag* = terak
4. *Path of molten metal* = cairan elektroda yang jatuh pada benda kerja
5. *Protective gases* = gas-gas pelindung
6. *Arc length* = jarak antara benda kerja dengan elektroda
7. *Weld metal* = logam las (hasil las)
8. *Base metal* = logam dasar (yang dilas)

Keterangan :

1. *Key hole* = lubang kunci, yakni lubang pada akar las yang terjadi pada saat pengelasan jalur pertama / penetrasi sambungan tumpul.
2. *Tack weld* = las catat

3. Istilah-Istilah pada Hasil Pengelasan

Keterangan :

1. ***Undercut*** = takik las (termakan)
2. ***Overlap*** = logam las yang menumpang pada benda kerja (tidak berpadu)
3. ***Lack of fusion*** = sebagian kecil lasan yang tidak berpadu

F. Bentuk-bentuk Sambungan Las

Beragam bentuk pekerjaan las dan fabrikasi logam, menuntut agar suatu sambungan yang dikerjakan dapat sesuai dengan kekuatan yang diharapkan. Karena itu bentuk-bentuk sambungan dirancang sedemikian rupa supaya memenuhi kebutuhan tersebut

Secara umum sambungan las ada dua macam, yaitu sambungan sudut (*fillet*) dan sambungan tumpul (*butt*). Adapun macam-macam bentuknya adalah sebagai berikut :

1. sambungan sudut dalam (T-joint atau l)
2. sambungan sudut luar (*corner joint*)
3. sambungan tumpang (*lap joint*)
4. sambungan sumbat (*plug joint*)
5. sambungan celah (*slot joint*)
6. sambungan tumpul (*butt joint*)

Di samping harus mengenal bentuk-bentuk sambungan las, seorang kalian juga karus mengetahui bentuk-bentuk kampuh las.

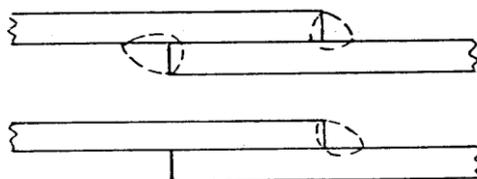
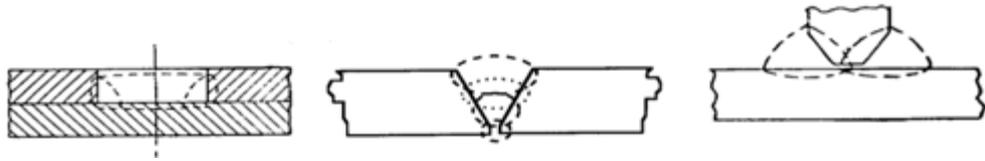
Kampuh las adalah bentuk persiapan pada suatu sambungan. Umumnya hanya ada pada sambungan tumpul, namun ada juga pada beberapa bentuk sambungan sudut tertentu, yaitu untuk memenuhi persyaratan kekuatan suatu sambungan sudut.

Bentuk kampuh las yang banyak dipergunakan pada pekerjaan las dan fabrikasi logam adalah :

1. kampuh I (open square butt)
2. kampuh V (single Vee butt)
3. kampuh X (duoble Vee butt)
4. kampuh U (single U butt)
5. kampuh K/ sambungan T dengan penguatan pada kedua sisi (*reinforcemen on T-butt weld*)
6. kampuh J/ sambungan T dengan penguatan satu sisi (*single J-butt weld*).

Berikut ini adalah gambar bentuk-bentuk sambungan las.

Sambungan T (T-Joint)

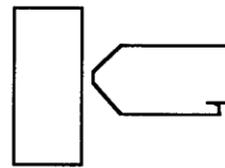
Sambungan sudut (corner joint)

Sambungan tumpang (lap joint)

Sambungan slot(slot joint) sambungan tumpul (butt joint)   T- butt joint

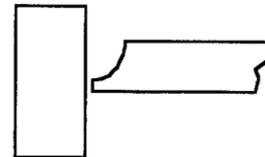
Gambar : Bentuk-bentuk Sambungan

Adapun gambar bentuk-bentuk kampuh las adalah sebagai berikut.

Kampuh I

Kampuh U

Kampuh V

Kampuh K

Kampuh X

Kampuh J

Gambar: Bentuk-bentuk Kampuh Las

RANGKUMAN

Istilah-istilah yang digunakan pada pengelasan dengan proses las busur manual pada dasarnya relatif sama dengan proses-proses las yang lain. kalian perlu memahami berbagai istilas las tersebut agar tidak terjadi kesalahan dalam pengerjaan persiapan, pelaksanaan dan pemeriksaan atau pengujian hasil las.

Istilah yang banyak digunakan pada persiapan pengelasan antara lain: *included angle*, *angle of bevel*, *root gap*, *backing bar* dan *backing strip.* Pada proses pengelasan digunakan istilah-istilah: *root run, sealing run, leg length, reinforcement, HAZ, dan toe. slag, arc length*, *key hole, tack weld*, dsb. Sedangkan pada hasil pengelasan ada istilah*: undercut, overlap,* dan *lack of fusion.*

G. Prosedur Pengelasan

1. Persiapan Pengelasan

a. Pembuatan Kampuh Las

Pembuatan kampuh las dapat dilakukan dengan beberapa metode, tergantung bentuk sambungan dan kampuh las yang akan dikerjakan.

Metode yang biasa dilakukan dalam membuat kampuh las, khususnya untuk sambungan tumpul dilakukan dengan mesin atau alat pemotong gas (brander potong). Mesin pemotong gas lurus (*straight line cutting machine*) dipakai untuk pemotongan pelat, terutama untuk kampuh-kampuh las yang di bevel, seperti kampuh

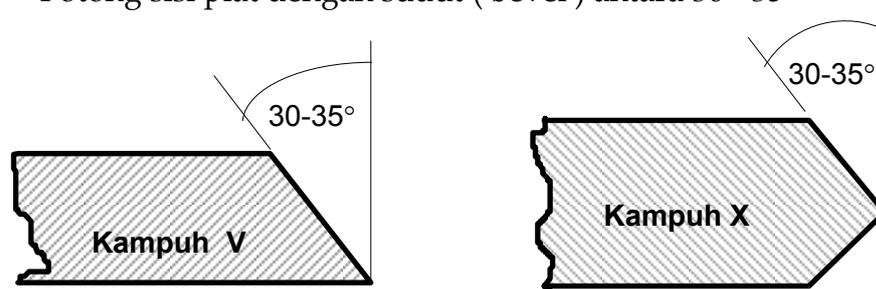
V atau X, sedang untuk membuat persiapan pada pipa dapat dipakai mesin pemotong gas lingkaran (*circular cutting machine*) atau dengan brander potong manual atau menggunakan mesin bubut.

Namun untuk keperluan sambungan sudut (*fillet*) yang tidak memerlukan kampuh las dapat digunakan mesin potong pelat (guletin) berkemampuan besar, seperti *hidrolic shearing machine.*

Adapun pada sambungan tumpul perlu persiapan yang lebih teliti, karena tiap kampuh las mempunyai ketentuan-ketentuan tersendiri, kecuali kampuh I yang tidak memerlukan persiapan kampuh las, sehingga cukup dipotong lurus saja.

1) Kampuh V dan X (*single vee dan double vee*)

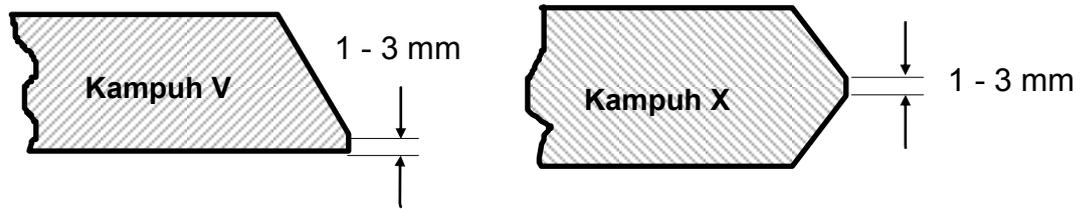
Untuk membuat kampuh V dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Potong sisi plat dengan sudut (bevel) antara 30 - 35°

- Buat "*root face*" selebar 1 - 3 mm secara merata dengan menggunakan mesin gerinda dan/atau kikir rata. Kesamaan tebal/lebar permukaan *root face* akan menentukan hasil penetrasi pada akar (*root*)

Kampuh V

1 - 3 mm

Kampuh X

1 - 3 mm

2) Kampuh U dan J.

Pembuatan kampuh U dan J dapat dilakukan dengan dua cara :

- melanjutkan pembuatan kampuh v (single vee) dengan mesin gerinda sehingga menjadi kampuh u atau j; dan
- dibuat dengan menggunakan teknik *gas gouging*, kemudian dilanjutkan dengan gerinda dan /atau kikir.

Setelah dilakukan persiapan kampuh las, baru dirakit (dilas catat) sesuai dengan bentuk sambungan yang dikerjakan.

2. Las Catat (*Tack Weld*)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan las catat (*tack weld*) adalah sebagai berikut :

a. Bahan las harus bersih dari bahan-bahan yang mudah terbakar dan karat.

b. Pada sambungan sudut cukup di las catat pada kedua ujung sepanjang penampang sambungan (tebal bahan tersebut).

c. Bila dilakukan pengelasan sambungan sudut (T) pada kedua sisi, maka konstruksi sambungan harus 90° terhadap bidang datarnya. Bila hanya satu sisi saja, maka sudut perakitannya adalah 3° - 5° menjauhi sisi tegak sambungan, yakni untuk mengantisipasi tegangan penyusutan / distorsi setelah pengelasan.

d. Pada sambungan tumpul kampuh V, X, U atau J perlu dilas catat pada beberapa tempat, tergantung panjang benda kerja.

Untuk panjang benda kerja yang standar untuk uji profesi las (300 mm) dilakukan tiga las catat, yaitu kedua ujung dan tengah dengan panjang las catat antara 15 -30 mm atau tiga sampai empat kali tebal bahan las. Sedang untuk panjang benda kerja di bawah atau sama dengan 150 mm dapat dilas catat pada kedua ujung saja.

Las catat

3° - 5°

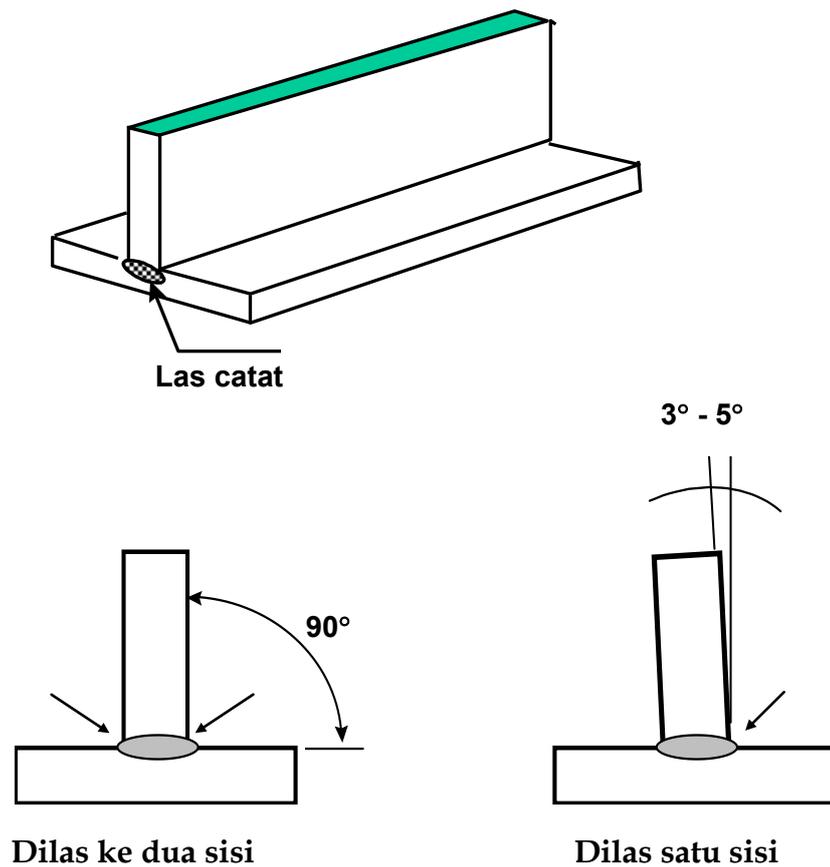
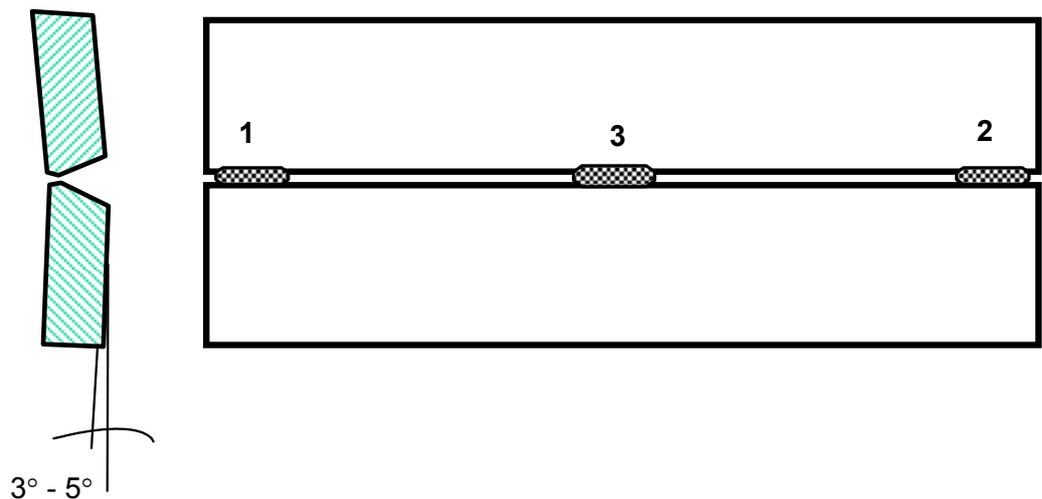
90°

Dilas ke dua sisi

Dilas satu sisi

Gambar : Persiapan Sambungan T

1 3 2

3° - 5°

Gambar: Persiapan Sambungan Tumpul Kampuh V

3. Posisi Pengelasan

a. Posisi Pengelasan Secara Umum

Secara umum posisi pengelasan ada empat, yaitu: (1) posisi di bawah tangan/ flat/ *down hand*, (2) posisi mendatar/ *horizontal*, (3) posisi tegak/ *vertikal*, dan (4) posisi di atas kepala/ *overhead*, namun karena bentuk sambungan dan jenis bahan yang berbeda, maka posisi pengelasan perlu dibedakan.

Menurut AWS, posisi pengelasan dibedakan menjadi dua kelompok, yakni posisi pengelasan pada pelat dan posisi pengelasan pada pipa. Untuk sambungan sudut (*fillet*), disingkat dengan "F" dan untuk sambungan tumpul (*butt* atau *groove*) disingkat dengan "G". Adapun rinciannya adalah sebagai berikut.

1) Sambungan sudut (*fillet*) pada pelat terdiri dari:

- Posisi 1F (sambungan sudut posisi di bawah tangan/ flat/ *down hand*)
- Posisi 2F (sambungan sudut posisi mendatar/ *horizontal)*

- Posisi 3F (sambungan sudut posisi tegak/ *vertical*)
- Posisi 4F (sambungan sudut posisi di atas kepala/ *overhead)*

2) Sambungan tumpul (*butt*) pada pelat terdiri dari:
    - Posisi 1G (sambungan tumpul posisi di bawah tangan/ flat/ *down hand*)
    - Posisi 2G (sambungan tumpul posisi mendatar/ *horizontal)*
    - Posisi 3G (sambungan tumpul posisi tegak/ *vertical*)
    - Posisi 4G (sambungan tumpul posisi di atas kepala/ *overhead)*
3) Sambungan sudut (*fillet*) pada pipa (diameter berbeda) terdiri dari:
    - Posisi 1F (sambungan sudut pada pipa posisi sumbu 45°, dapat diputar)
    - Posisi 2F (sambungan sudut pada pipa posisi sumbu tegak, dapat diputar)
    - Posisi 5F (sambungan sudut pada pipa posisi sumbu horizontal, tidak dapat diputar /tetap)
    - Posisi 6F (sambungan sudut pada pipa sumbu miring 45°, tidak dapat diputar/ tetap)
4) Sambungan tumpul (*butt* atau *groove*) pada pipa terdiri dari:
    - Posisi 1G (sambungan tumpul pada pipa posisi sumbu horizontal, dapat diputar)
    - Posisi 2G (sambungan tumpul pada pipa posisi sumbu tegak, dapat diputar)
    - Posisi 5G (sambungan tumpul pada pipa posisi sumbu horizontal, tidak dapat diputar /tetap)

- Posisi 6G (sambungan tumpul pada pipa sumbu miring 45°, tidak dapat diputar/ tetap)

Namun demikian, dewasa ini istilah untuk posisi pengelasan di beberapa industri maupun dikalangan profesional atau lembaga diklat di Indonesia juga menggunakan/ mengacu pada standar lain, diantaranya adalah Eropa. Adapun istilah yang digunakan adalah sebagai berikut

a. Sambungan sudut (*fillet*) pada pelat terdiri dari:

1) Posisi PA (sambungan sudut posisi di bawah tangan)
2) Posisi PB (sambungan sudut posisi mendatar*)*
3) Posisi PF (sambungan sudut posisi tegak arah naik), dan PG (posisi tegak arah turun)
4) Posisi 4D (sambungan sudut posisi di atas kepala/ *overhead)*

b. Sambungan tumpul (*butt*) pada pelat terdiri dari:

1) Posisi PA (sambungan tumpul posisi di bawah tangan/ flat/ *down hand*)
2) Posisi PC (sambungan tumpul posisi mendatar/ *horizontal)*
3) Posisi PF (sambungan tumpul posisi tegak arah naik), dan PG (posisi tegak arah turun)
4) Posisi PE (sambungan tumpul posisi di atas kepala/ *overhead)*

c. Sambungan sudut (*fillet*) pada pipa (diameter berbeda) terdiri dari:

1) Posisi PA (sambungan sudut pada pipa posisi sumbu 45°, dapat diputar)
2) Posisi PC (sambungan sudut pada pipa posisi sumbu tegak, dapat diputar)

3) Posisi PF (sambungan sudut pada pipa posisi sumbu horizontal, dilas papa posisi tegak, pipa dapat diputar)

   Catatan: posisi PF = posisi 3F (posisi ini tidak ada pada standar AWS

4) Posisi PE (sambungan sudut pada pipa posisi sumbu vertikal, dilas pada posisi *overhead*, pipa dapat diputar)

   Catatan: posisi PE = posisi 4F (posisi ini tidak ada pada standar AWS

5) Posisi PF (sambungan sudut pada pipa posisi sumbu horizontal, dilas arah naik, tidak dapat diputar /tetap); dan PG (dilas arah turun)

6) Posisi L45 PA (sambungan sudut pada pipa sumbu miring 45°, tidak dapat diputar/ tetap).

d. Sambungan tumpul (*butt* atau *groove*) pada pipa terdiri dari:

1) Posisi PA (sambungan tumpul pada pipa posisi sumbu horizontal, dapat diputar)

2) Posisi PC (sambungan tumpul pada pipa posisi sumbu tegak, dapat diputar)

3) Posisi PF (sambungan tumpul pada pipa posisi sumbu horizontal, dilas papa posisi tegak, pipa dapat diputar)

   Catatan: posisi PF = posisi 3G (posisi ini tidak ada pada standar AWS

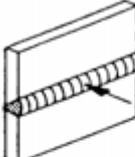
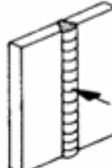
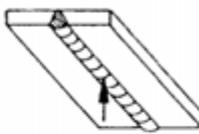
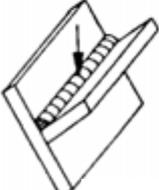
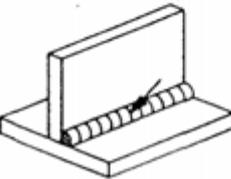
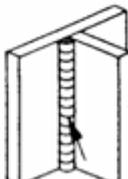
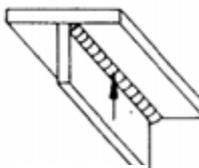
4) Posisi PE (sambungan tumpul pada pipa posisi sumbu vertikal, dilas pada posisi *overhead*, pipa dapat diputar)

Catatan: posisi PE = posisi 4G (posisi ini tidak ada pada standar AWS

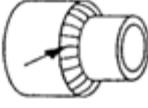
5) Posisi PF (sambungan tumpul pada pipa posisi sumbu horizontal, dilas arah naik, tidak dapat diputar /tetap); dan PG (dilas arah turun)
6) Posisi H-LO45 PA (sambungan tumpul pada pipa sumbu miring 45°, tidak dapat diputar/ tetap).
7) Posisi 6GR (sambungan tumpul pada pipa sumbu miring 45°, posisi terhalang flens/ ring/ posisi sulit, pipa tidak dapat diputar/ tetap).

Untuk lebih jelasnya tentang posisi pengelasan menurut standar AWS (Amerika) dan Eropa, berikut ini disaji gambar posisi pengelasan tersebut.

POSISI PENGELASAN PADA PELAT

	Flat	Horizontal	Vertical	Overhead
Butt	1G/ PA	2G/ PC	3G/ PF & PG	4G/ PE
Fillet	1F/ PA	2F/ PB	3F/ PF & PG	4F/ PD

Gambar: Posisi Pengelasan Pelat Menurut Standar Amerika dan Eropa

POSISI PENGELASAN PADA PIPA

Butt	1G/ PA	2G/ PC	5G/ PF & PG	6G/ H-LO45
Fillet	1F/ PA	2F/ PC	5F/ PF & PG	6F/ L45 PA

Gambar : Posisi Pengelasan Pipa Menurut Standar Amerika dan Eropa

Berdasarkan uraian di atas, dapat dilihat bahwa posisi pengelasan menurut AWS ada perbedaan dengan standar Eropa, dimana pada standar AWS tidak ada posisi tegak (3F dan 3G) dan atas kepala pada pipa (4F dan 4G). Disamping itu ada juga perbedaan dari peletakan bahan pipa, dimana menurut AWS peletakan pipa posisi 6F adalah dilas dari arah sisi bawah (diameter pipa yang lebih besar berada di atas), sedangkan pada posisi L45 PA dilas dari arah sisi atas (diameter pipa yang lebih besar berada di bawah.

4. Prosedur Pengelasan Pelat Posisi di Bawah Tangan dan Horizontal

Prosedur pengelasan yang benar dan sesuai merupakan salah satu hal terpenting untuk mencapai kualitas pengelasan secara maksimum dan efisien/ ekonomis. Oleh sebab itu sebelum dilakukan pengelasan,

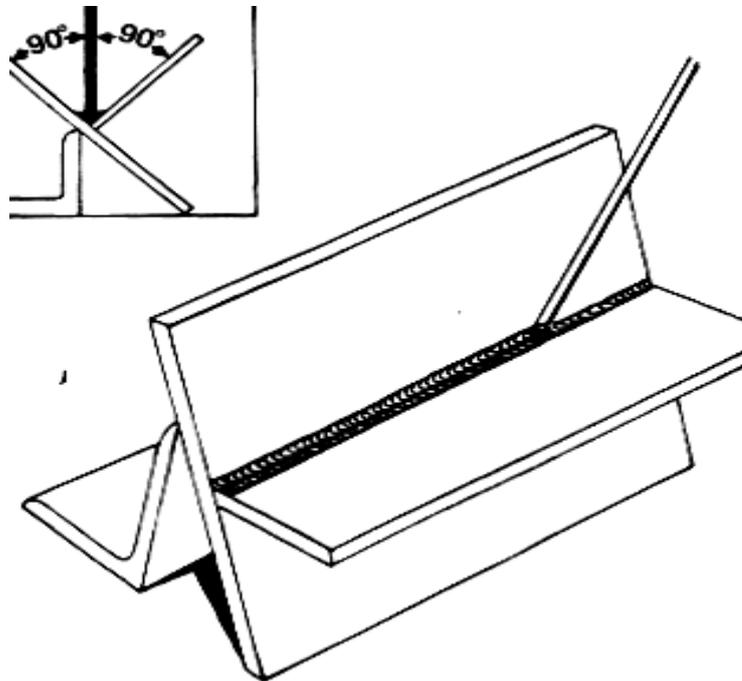
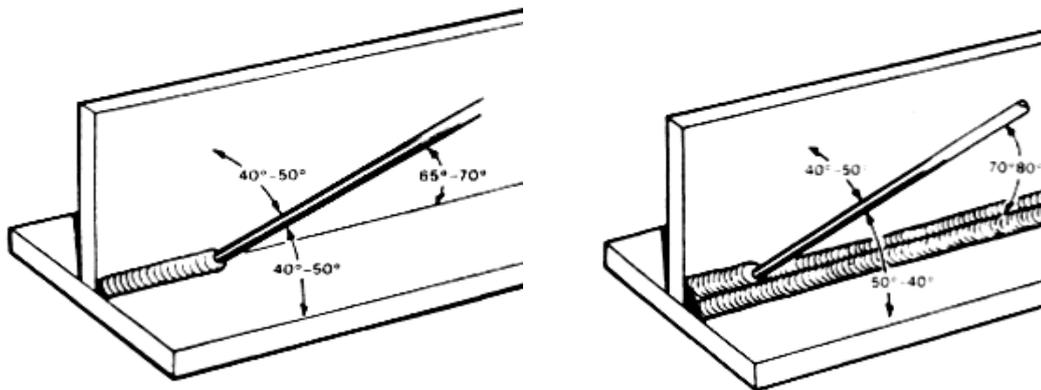
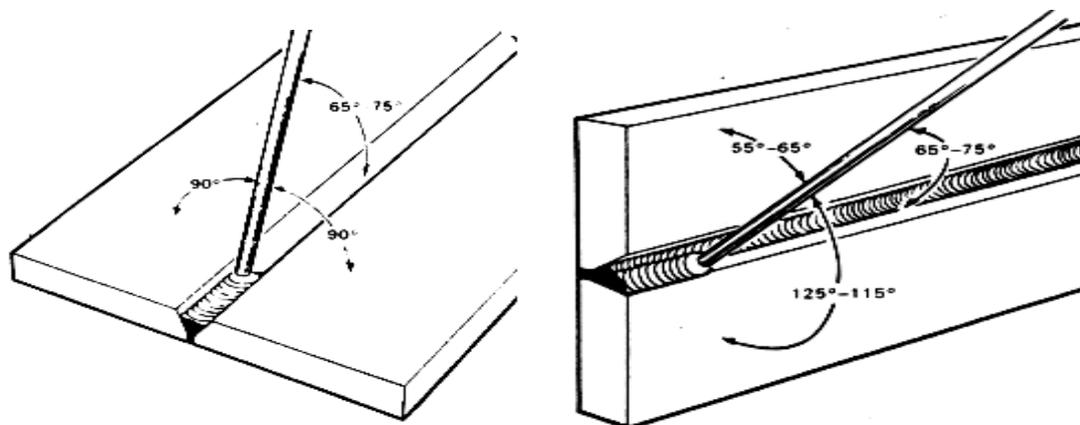
maka perlu dipahami terlebih dahulu prosedur pengelasannya agar proses dan hasil las dapat mencapai standar yang diharapkan.

a. Prosedur Umum

Secara umum, prosedur-prosedur yang harus dilakukan setiap kali akan, sedang dan setelah pengelasan adalah meliputi hal-hal berikut ini :

1) Adanya prosedur pertolongan pertama pada kecelakaan (P3K) dan prosedur penanganan kebakaran yang jelas/ tertulis.
2) Periksa sambungan-sambungan kabel las, yaitu dari mesin las ke kabel las dan dari kabel las ke benda kerja/ meja las serta sambungan dengan tang elektroda.. Harus diyakinkan, bahwa tiap sambungan terpasang secara benar dan rapat.
3) Periksa saklar sumber tenaga, apakah telah dihidupkan.
4) Pakai pakaian kerja yang aman.
5) Konsentasi dengan pekerjaan.
6) Setiap gerakan elektroda harus selalu terkontrol.
7) Berdiri secara seimbang dan dengan keadaan rileks.
8) Periksa, apakah penghalang sinar las/ ruang las sudah tertutup secara benar.
9) Tempatkan tang elektroda pada tempat yang aman jika tidak dipakai.
10) Selalu gunakan kaca mata pengaman (bening) selama bekerja.
11) Bersihkan terak dan percikan las sebelum melanjutkan pengelasan berikutnya.
12) Matikan mesin las bila tidak digunakan.
13) Jangan meninggalkan tempat kerja dalam keadaan kotor dan kembalikan peralatan yang dipakai pada tempatnya.

b. Penempatan Bahan Las dan Posisi Elektroda

Penempatan bahan pada pengelasan pelat posisi di bawah tangan adalah posisi di mana bahan atau bidang yang dilas ditempatkan secara rata (*flat*) atau sejajar dengan bidang horizontal, sedangkan penempatan bahan pada pengelasan posisi horizontal adalah penempatan di mana bidang yang dilas mendatar dan memanjang pada bidang horizontal. Adapun penempatan bahan pada pengelasan posisi tegak adalah penempatan di mana bidang yang dilas adalah tegak/ vertical. Berikut ini adalah gambar-gambar penempatan bahan las untuk tiap posisi tersebut.

Gambar : Penempatan Bahan dan Elektroda pada Sambungan T Posisi Flat (1F)

Gambar : Penempatan Bahan dan Elektroda pada Posisi Horizontal (2F)

Gambar : Penempatan bahan dan elektroda pada sambungan tumpul posisi di bawah tangan dan horizontal (1G dan 2G)

c. Arah dan Gerakan Elektroda

Arah pengelasan (elektroda) pada proses las busur manual adalah arah mundur atau ditarik, sehingga bila operator las menggunakan tangan kanan, maka arah pengelasan adalah dari kiri ke kanan. Demikian juga sebaliknya, jika menggunakan tangan kanan, maka tarikan elektroda adalah dari kanan ke kiri. Namun,

pada kondisi tertentu dapat dilakukan dari depan mengarah ke tubuh operator las.

Dalam hal ini, yang terpenting adalah sudut elektroda terhadap garis tarikan elektroda sesuai dengan ketentuan (prosedur yang ditetapkan) dan busur serta cairan logam las dapat terlihat secara sempurna oleh operator las.

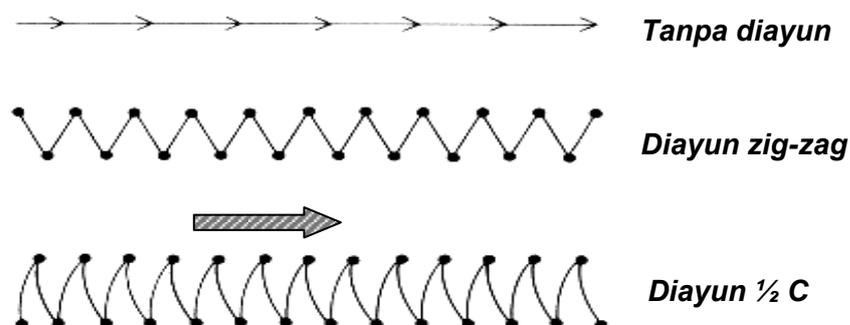
Pada pengelasan sambungan T maupun pada sambungan tumpul posisi di bawah tangan secara umum untuk jalur pertama adalah ditarik tanpa ada ayunan elektroda, tapi untuk jalur kedua dan selanjutnya sangat tergantung pada kondisi pengelasan itu sendiri, sehingga dapat dilakukan ayunan atau tetap ditarik seperti jalur pertama.

Sedangkan pada posisi *horizontal*, baik untuk sambungan sudut/ T atau sambungan tumpul secara umum tidak dilakukan ayunan/ gerakan elektroda (hanya ditarik) dengan sudut yang sesuai dengan prosedurnya.

Berikut ini adalah bentuk-bentuk ayunan (*weaving*) atau gerakan elektroda yang dapat diterapkan pada pengelasan posisi di bawah tangan (*down hand*) dan mendatar (*horizontal*).

Tanpa diayun

Diayun zig-zag

Diayun ½ C

Gambar: Arah dan Gerakan Elektroda untuk Posisi Downhand dan Horizontal

RANGKUMAN

Persiapan sambungan las merupakan tahapan terpenting sebelum dilakukan pengelasan. Untuk itu kalian harus memahami bentuk-bentuk persiapan kampuh las dan memiliki kemampuan dalam membuat persiapan sambungan dengan menggunakan peralatan yang sesuai, terutama alat potong gas lurus (*straight line cutting machine*) untuk membuat persiapan (kampuh las) pada pelat, dan menggunakan mesin pemotong gas lingkaran (*circular cutting machine*) untuk membuat persiapan (kampuh las) pada pipa.

Disamping itu, pemahaman tentang posisi pengelasan juga perlu menjadi perhatian kalian, karena kesalahan posisi merupakan kesalahan dalam proses pengelasan. Untuk bahan pelat, terdiri dari posisi-posisi: 1Fdan 1G, 2F dan 2G, 3F dan 3G, dan 4F dan 4G; sedangkan pada pipa terdiri dari posisi: 1Fdan 1G, 2F dan 2G, 5F dan 5G, dan 6F dan 6G .

5. Latihan Dasar Las Busur Manual

Pada kegiatan latihan las, kalian akan mencoba menerapkan dasar-dasar proses las busur manual , yakni pengelasan posisi dibawah tangan, yang meliputi pembuatan jalur las, menyambung jalur dan melakukan penebalan permukaan.

Oleh sebab itu, yakinkan diri kalian bahwa kalian mengerti terhadap apa yang akan kalian lakuka. Jangan mencoba-mencoba tanpa terlebih dulu mendapat penjelasan da demonstrasi dari guru/ instruktur.

Latihan 3.1

Pembuatan Jalur Las Posisi di Bawah Tangan

TUJUAN :

Setelah mempelajari dan berlatih membuat jalur las posisi di bawah tangan pada pelat baja karbon, kalian diharapkan akan mampu :

- Mempersiapkan peralatan las busur manual secara benar dan sesuai dengan SOP.
- Menggunakan peralatan dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja.
- Mengatur penggunaan arus pengelasan sesuai dengan pekerjaan.
- Membuat jalur las menggunakan elektroda *rutile* dengan mengacu pada kriteria yang ditentukan.

ALAT DAN BAHAN :

1. Alat ***:***

- Seperangkat peralataan las busur manual.
- Alat keselamatan dan kesehatan kerja kerja.
- Lembaran kerja/gambar kerja

2. Bahan ***:***

- Pelat baja karbon ukuran 100 x 200 x 6 mm
- Elektroda E 6013, ∅ 2,6 dan 3,2 mm

KESELAMATAN KERJA :

a. Periksa persambungan kabel-kabel las. Jaga agar tidak ada yang kurang kuat/ longgar.
b. Jauhkan benda-benda yang mudah terbakar dari lokasi pengelasan.
c. Gunakan alat keselamatan dan kesehatan kerja yang layak dan sesuai dengan fungsinya.
d. Jangan gunakan tang dan kabel las yang tidak terisolasi.
e. Bekerjalah pada ruang las dengan sirkulasi udara / ventilasi yang cukup.
f. Usahakan ruang las/ tempat pengelasan tidak terbuka, sehingga cahaya las tidak mengganggu lingkungan/ orang lain yang berada di sekitar lokasi.
g. Bertanyalah pada Guru/ instruktor/ pembimbing jika ada hal-hal yang tidak dimengerti dalam melaksanakan pekerjaan.
h. Bersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja.

LEMBARAN KERJA :

E 6012/ 13 , ∅ 3,2

∅ 2,6

15

elektroda

70°

0,5 - 1,5

benda kerja

LANGKAH KERJA :

a. Siapkan bahan las dengan ukuran 100 x 200 x 10 mm, kikir/ grinda bagian-bagian yang tajam.
b. Lukis garis ukuran jalur las yang akan dibuat, dan jika perlu beri tanda dengan penitik untuk memudahkan dalam pengelasan.
c. Tempatkan bahan diatas meja kerja dengan posisi rata/ di bawah tangan.
d. Atur arus pengelasan antara 60 – 90 Amp untuk penggunaan elektroda las ∅ 2,6 dan 90 – 120 Amp untuk elektroda las ∅ 3,2mm (atau sesuai petunjuk guru/ guru/ instruktor/ pembimbing.

PERHATIAN

Ada dua hal yang sangat penting diperhatikan dalam latihan las (terutama bagi kalian yang baru mencoba mengelas), yakni:

- ❖ **Sudut elektroda terhadap jalur las, yakni sekitar 70° terhadap jalur las.**
- ❖ **Jarak ujung elekroda terhadap cairan las (*arc length*), yakni sekitar 1 x diameter elektroda.**

e. Lakukan pengelasan sesuai demonstrasi guru/ guru/ instruktor/ pembimbing.
f. Periksakan hasil las tiap jalur yang dikerjakan pada Guru/ instruktor/ pembimbing sebelum jalur-jalur las selanjutnya.
g. Lakukan pengelasan dengan menggunakan arus las yang bervariasi untuk memperoleh hasil yang maksimal.
h. Jika kalian tidak dapat mencapai kriteria yang ditetapkan, mintalah guru/ guru/ instruktor/ pembimbing untuk memberi pejelasan tambahan atau memintanya untuk melakukan demontrasi ulang, sampai kalian benar-benar mengerti permasalahannya dan kompeten dalam melakukannya

KRITERIA PENILAIAN HASIL LAS

Aspek yang Dinilai	Kriteria Penilaian	K	BK
Lebar jalur las (elektroda ∅ 3,2mm)	7mm +2; - 0 mm		
Lebar jalur las (elektroda ∅ 2,6mm)	5mm +2; - 0 mm		
Tinggi jalur las	1mm, ±0,5mm		
Kelurusan jalur las	Penyimpangan maks. 20%.		
Rigi las	85% rata dan halus		
Undercut	Maks. 15% x 0,5mm		
Overlap	Tidak terjadi overlap		
Kebersihan	Bebas dari percikan dan terak		

K = Kompeten **BK** = Belum Kompeten

Latihan 3.2

Penyambungan Jalur Las

TUJUAN :

Setelah mempelajari dan berlatih menyambung jalur las posisi di bawah tangan pada pelat baja karbon, kalian diharapkan akan mampu :

- Mempersiapkan peralatan las busur manual secara benar dan sesuai dengan SOP.
- Menggunakan peralatan dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja.
- Mengatur penggunaan arus pengelasan sesuai dengan pekerjaan.
- Menyambung jalur las menggunakan elektroda *rutile* dengan mengacu pada kriteria yang ditentukan.

ALAT DAN BAHAN :

1. Alat *:*

- Seperangkat peralataan las busur manual.
- Alat keselamatan dan kesehatan kerja kerja.
- Lembaran kerja/gambar kerja

2. Bahan *:*

- Pelat baja karbon ukuran 100 x 200 x 6 mm
- Elektroda E 6013, ∅ 2,6 dan 3,2 mm

KESELAMATAN KERJA :

a. Periksa persambungan kabel-kabel las. Jaga agar tidak ada yang kurang kuat/ longgar.
b. Jauhkan benda-benda yang mudah terbakar dari lokasi pengelasan.
c. Gunakan alat keselamatan dan kesehatan kerja yang layak dan sesuai dengan fungsinya.
d. Jangan gunakan tang dan kabel las yang tidak terisolasi.
e. Bekerjalah pada ruang las dengan sirkulasi udara / ventilasi yang cukup.
f. Usahakan ruang las/ tempat pengelasan tidak terbuka, sehingga cahaya las tidak mengganggu lingkungan/ orang lain yang berada di sekitar lokasi.
g. Bertanyalah pada Guru/ instruktor/ pembimbing jika ada hal-hal yang tidak dimengerti dalam melaksanakan pekerjaan.
h. Bersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja.

LEMBARAN KERJA :

15

1

2

3

LANGKAH KERJA :

a. Siapkan bahan las dengan ukuran 100 x 200 x 10 mm, kikir/ grinda bagian-bagian yang tajam.

b. Lukis garis ukuran jalur las yang akan dibuat, dan jika perlu beri tanda dengan penitik untuk memudahkan dalam pengelasan.

c. Tempatkan bahan diatas meja kerja dengan posisi rata/ di bawah tangan.

d. Atur arus pengelasan antara 60 – 90 Amp untuk penggunaan elektroda las ∅ 2,6 dan 90 – 120 Amp untuk elektroda las ∅ 3,2mm.

e. Lakukan pengelasan dan penyambungan jalur las sesuai demonstrasi Instruktor/ pembimbing.

f. Periksakan hasil las tiap jalur yang dikerjakan pada Guru/ instruktor/ pembimbing sebelum jalur-jalur las selanjutnya.

g. Lakukan pengelasan ulang sesuai petunjuk Guru/ instruktor/ pembimbing, jika belum mencapai kriteria.

h. Dinginkan dan bersihkan bahan sebelum diserahkan pada Guru/ instruktor/ pembimbing.

PERHATIAN

Latihan menyambung jalur las "sangat penting" dalam proses pengelasan, karena akan dikakukan secara berulang-ulang selama proses pengelasan dilakukan. Oleh sebab itu:

- **Lakukan latihan dengan sungguh-sungguh sampai mencapai kriteria yang ditentukan.**
- **Bertanyalah pada guru/ pembimbing kalian jika ada hal yang tidak dimengerti atau mintalah untuk mendemonstrasikan ulang.**

KRITERIA PENILAIAN HASIL LAS

Aspek yang Dinilai	Kriteria Penilaian	K	BK
Lebar jalur las (elektroda ∅ 3,2mm)	7mm +2; - 0 mm		
Lebar jalur las (elektroda ∅ 2,6mm)	5mm +2; - 0 mm		
Tinggi jalur las	1mm, ±0,5mm		
Kelurusan jalur las	Penyimpangan maks. 20%.		
Rigi las	• 85% rata dan halus • Sambungan jalur rata, tol. Maks. 0,5 mm		
Undercut	• Maks. 15% x panjang las • Kedalaman maks. 0,5 mm		
Overlap	Tidak terjadi overlap		
Kebersihan	Bebas dari percikan dan terak		

K = Kompeten **BK** = Belum Kompeten

Latihan 3.3

Penebalan Permukaan Posisi di Bawah Tangan

TUJUAN :

Setelah mempelajari dan berlatih melakukan penebalan permukaan posisi di bawah tangan pada pelat baja karbon, kalian diharapkan akan mampu:

- Mempersiapkan peralatan las busur manual secara benar dan sesuai dengan SOP.
- Menggunakan peralatan dan perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja.
- Mengatur penggunaan arus pengelasan sesuai dengan pekerjaan.
- Melakukan penebalan permukaan menggunakan elektroda *rutile* dengan mengacu pada kriteria yang ditentukan.

ALAT DAN BAHAN :

1. Alat *:*

- Seperangkat peralatan las busur manual.
- Alat keselamatan dan kesehatan kerja kerja.
- Lembaran kerja/gambar kerja

2. Bahan *:*

- Pelat baja karbon ukuran 100 x 150 x 8 mm
- Elektroda E 6013, ∅ 2,6 / ∅ 3,2 mm

KESELAMATAN KERJA :

a. Periksa persambungan kabel-kabel las. Jaga agar tidak ada yang kurang kuat/ longgar.
b. Jauhkan benda-benda yang mudah terbakar dari lokasi pengelasan.
c. Gunakan alat keselamatan dan kesehatan kerja yang layak dan sesuai dengan fungsinya.
d. Jangan gunakan tang dan kabel las yang tidak terisolasi.
e. Bekerjalah pada ruang las dengan sirkulasi udara / ventilasi yang cukup.
f. Usahakan ruang las/ tempat pengelasan tidak terbuka, sehingga cahaya las tidak mengganggu lingkungan/ orang lain yang berada di sekitar lokasi.
g. Bertanyalah pada Guru/ instruktor/ pembimbing jika ada hal-hal yang tidak dimengerti dalam melaksanakan pekerjaan.
h. Bersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja.

LEMBARAN KERJA :

1/3 – 1/2

1/3 – 1/2 dari lebar jalur las

LANGKAH KERJA

a. Siapkan bahan las dengan ukuran 100 x 200 x 10 mm, kikir/ grinda bagian-bagian yang tajam.

b. Tempatkan bahan diatas meja kerja dengan posisi rata/ di bawah tangan.

c. Atur arus pengelasan antara 90 – 120 Amp untuk penggunaan elektroda las ∅ 3,2mm.

d. Lakukan pengelasan/ penebalan permukaan sesuai demonstrasi Instruktor/ pembimbing, terutama jalur pertama harus lurus karena akan menjadi patokan untuk jalur-jalur berikutnya.

e. Periksakan beberapa jalur las (hasil penebalan) yang dikerjakan pada Guru/ instruktor/ pembimbing sebelum jalur-jalur las selanjutnya.

f. Lakukan pengelasan ulang sesuai petunjuk Guru/ instruktor/ pembimbing, jika belum mencapai kriteria.

KRITERIA PENILAIAN HASIL LAS

Aspek yang Dinilai	Kriteria Penilaian	K	BK
Tinggi jalur las (penambahan tebal)	1mm, ±0,5mm		
Sambungan jalur las	• Rata dan berpadu • Perbedaan tinggi maks. 0,5mm		
Perubahan bentuk/ distorsi	Maksimum 5^o		
Rigi las	85% rata dan halus		
Cacat las	Maks. 4 mm^2		
Kebersihan	Bebas dari percikan dan terak		

K = Kompeten **BK** = Belum Kompeten

Sebelum kalian melanjutkan latihan mengelas sambungan sudut dan sambungan tumpul, maka kalian perlu mengetahui terlebih dulu tentang:

- ❖ *Cacat las yang dimungkinkan terjadi dalam proses pengelasan.*
- ❖ *Kriteria hasil las, yang digunakan sebagai patokan kalian dalam melakukan pengelasan.*
- ❖ *Cara-cara memeriksa hasil las, agar kalian memahami bagaimana hasil las yang baik.*

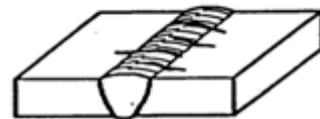
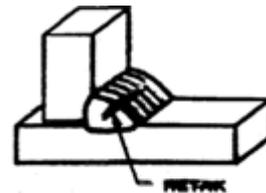
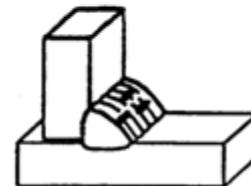
Oleh sebab itu bacalah materi berikut dengan seksama, dan jika kurang difahami, mintalah guru/ instruktur untuk menjelaskannya.

6. Pemeriksaan Hasil Las

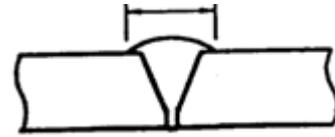
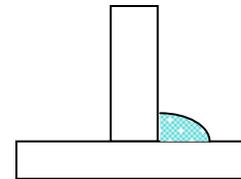
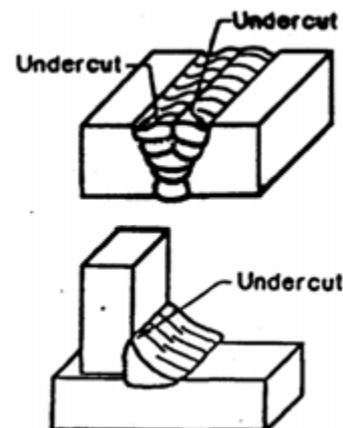
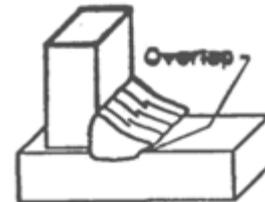
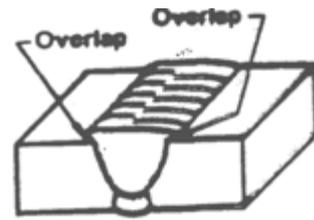
a. Pengenalan Cacat Las

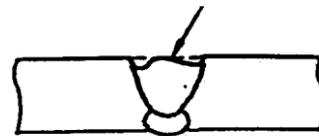
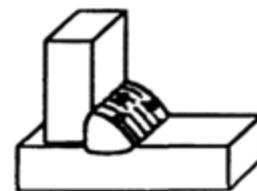
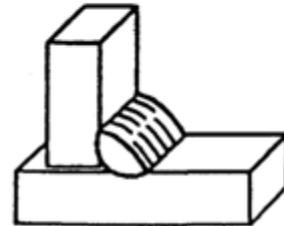
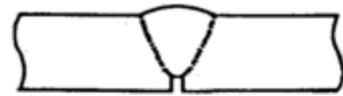
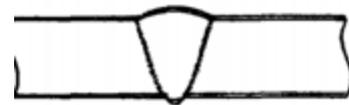
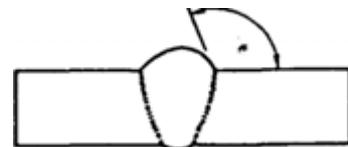
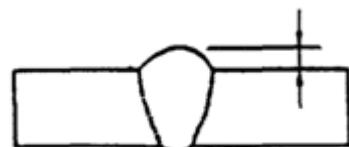
Yang dimaksud dengan cacat las adalah kerusakan hasil las yang pada umumnya dapat diamati/ dilihat secara visual.

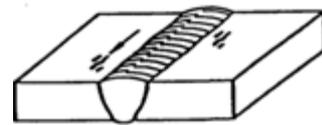
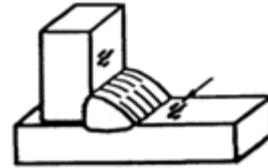
1) Jenis Cacat Las dan Penyebabnya

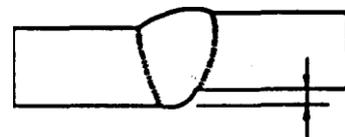
a. Retak (*crack*), yaitu celah atau gap yang memutuskan atau memisahkan hasil las yang dapat terjadi pada jalur las atau pertemuan jalur las atau pada daerah pengaruh panas, hal ini disebabkan oleh pendinginan atau tegangan, jenis elektroda yang tidak sesuai dengan logam dasar.

b. Terak terperangkap (*inlusion*), yaitu suatu benda asing(bahan logam/kotoran) yang terperangkap dan berada di antara logam las. Hal ini dapat disebabkan oleh persiapan yang kurang baik atau teknik pengelasan yang salah/ tidak sesuai ketentuan.

c. Lubang pada akhir jalur las (*crater*), yaitu suatu titik atau beberapa titik lubang yang biasanya terjadi pada akhir jalur las, ini akibat oksidasi dari oksigen udara luar terhadap cairan logam atau

sudut elektroda yang salah pada ujung jalur las.

d. Jalur las terlalu lebar, yaitu kelebihan ukuran lebar jalur pada sambungan tumpul, ini dapat terjadi apabila gerakan/ayunan elektroda terlalu jauh atau tarikan elektroda terlalu pelan atau arus terlalu besar atau gabungan dari hal-hal diatas.

e. Ukuran kaki las tidak sama, yaitu kelebihan dan/atau kekurangan ukuran salah satu atau kedua kaki las pada sambungan sudut, hal ini di mungkinkan oleh sudut pengelasan yang tidak sesuai dengan ketentuan.

f. Undercut, yaitu suatu alur yang terjadi pada kaki las (toe), hal ini dapat terjadi antara lain karena penggunaan arus yang tidak sesuai atau gerakan/ ayunan elektroda yang terlalu cepat.

g. Overlap, yaitu kelebihan logam la
pada bagian tepi yang menempel logan
dasar dan tidak terjadi perpaduan antar
logam las. Hal ini dapat terjadi karen
arus yang terlalu rendah, sudut ata
ayunan/ gerakan elektroda yang salah.

h. Cekungan pada akar las (*roo concavity*), yaitu suatu alur yang terjad
pada jalur penetrasi (*root*) sambunga
tumpul yang diakibatkan oleh
penggunaan jenis elektroda yang kurang
sesuai, pengisian yang tidak sempurna,
sudut elektroda yang salah atau karena
arc length yang terlalu jauh.

i. Pengisian jalur kurang, yaitu suatu alur atau celah panjang kontinyu atau terputus-putus pada sambungan tumpul yang disebabkan terutama oleh pengisian yang terlalu cepat dan ayunan/ gerakan elektroda yang salah.

j. Keropos (*porosity*), yaitu satu atau beberapa lubang udara yang terdapat di antara logam las. Hal ini dapat disebabkan terutama oleh faktor elektroda, a.l : terlalu lembab, berkarat atau tidak sesuai dengan jenis bahan yang dilas.

k. Kurang penetrasi, yaitu tidak terjadinya perpaduan di antara logam yang disambung yang terdapat pada dasar logam yang disebabkan karena arus pengelasan terlalu rendah, persiapan kampuh yang salah/ *gap* terlalu kecil, *arc length* terlalu jauh, atau karena gerakan elektroda terlalu cepat.

l. Kelebihan penetrasi, yaitu akar las pada sambungan tumpul yang terlalu tinggi/menonjol yang disebabkan oleh arus pengelasan terlalu tinggi, persiapan kampuh yang salah/ *gap* terlalu besar atau karena gerakan elektroda terlalu lambat.

m. Bentuk penguat/ jalur las tidak simetris, yaitu sudut yang di bentuk antara permukaan benda kerja dan garis singgung pada sisi penguat tidak sama, hal ini dimungkinkan karena sudut elektroda tidak sama.

n. Kelebihan pengisian, yaitu jalur pengisian/ penguat pada sambungan tumpul terlalu tinggi. Hal ini dapat disebabkan karena arus pengelasan agag rendah atau pengelasan terlalu lambat.

Kerusakan lain yang tidak berhubungan dengan logam las, akan tetapi termasuk pada kelompok cacat las adalah :

o. **Bekas pukulan**, yaitu kerusakan permukaan benda kerja di luar jalur las yang disebabkan oleh pukulan saat membersihkan terak atau saat persiapan.

p. **Penyimpangan sudut/ distorsi**, yaitu perubahan bentuk pada dua bagian yang disambung sehingga membentuk sudut. Ini disebabkan oleh disrorsi yang tidak terkontrol saat pengelasan atau persiapan yang kurang memperhitungkan distorsi yang akan terjadi.

q. **Tidak segaris lurus**, yaitu hasil pengelasan di mana dua bagian yang disambung tidak satu bidang/ level atau seperti paralel. Hal ini terutama disebabkan oleh persiapan yang salah atau distorsi saat pengelasan.

b. Kriteria Hasil Las

Cacat las pada hasil las adalah sesuatu yang sangat mungkin terjadi dengan berbagai penyebab.

Selanjutnya untuk mengetahui sejauh mana kualitas hasil las yang dapat diterima perlu ada batasan cacat las tersebut dan dinamakan kriteria hasil las, artinya apabila suatu hasil las memenuhi kriteria minimum, maka hasil las tersebut dinyatakan dapat diterima dan sebaliknya apabila suatu hasil las tidak memenuhi kriteria minimum, hasil las tersebut dinyatakan tidak diterima dan pengelasannya dianggap belum memenuhi kompetensi yang diperlukan.

Adapun kriteria hasil las yang dimaksud adalah sebagai berikut :

TABEL 3.4

KRITERIA HASIL LAS

NO.	CACAT LAS	KRITERIA HASIL LAS
1.	Retak	0 mm^2 (Tidak ada retak)
2.	Terak terperangkap	Tidak lebih dari dua buah terak denga luas 2mm^2 untuk panjang pengelasan 200 mm.
3.	Lubang pada akhir jalur las	Tidak ada lubang pada akhir jalur las
4.	Jalur las terlalu lebar	Lebar jalur las pada sambungan tumpul tidak boleh lebih dari 3 mm dari pinggir kampuh las
5.	Ukuran kaki las tidak sama	Kaki las = tebal bahan dengan toleransi 2mm

6.	*Undercut*	Kedalaman *undercut* kurang dari 1,0 mm dengan panjang maksimum 10% dari 200mm panjang pengelasan.
7.	*Overlap*	Tidak ada bagian yang *overlap*
8.	Cekungan pada akar las	Kedalaman cekungan pada akar las maks. 1mm dan panjang cekungan maksimum 10% dari 200mm panjang pengelasan.
9.	Pengisian jalur kurang	Tinggi pengisian minimum sama/ rata dengan permukaan bahan yang di las/ tidak ada cekungan pada pengisian jalur.
10.	Keropos	Tidak ada keropos/porositas pada logam las.
11.	Kurang penetrasi	Kekurangan penetrasi maksimum 15 mm untuk panjang pengelasan 200 mm.
12.	Kelebihan penetrasi	Ketinggian/kelebihan penetrasi maks. 2^{+2}_{-0} mm
13.	Bentuk jalur las tidak simetris	Permukaan jalur las mempunyai bentuk teratur/ simetris dengan sudut tidak kecil dari 135°.
14.	Kelebihan tinggi pengisian	Tinggi pengisian pada sambungan tumpul dari permukaan benda kerja tidak boleh lebih dari 3 mm.
15.	Bebas pukulan	Tidak tampak bekas pukulan
16.	Penyimpangan/distorsi	Permukaan benda kerja tidak segaris kurang dari 2 mm penyimpangan sudut maksimum 5°.

c. Pemeriksaan Hasil Las Secara Visual

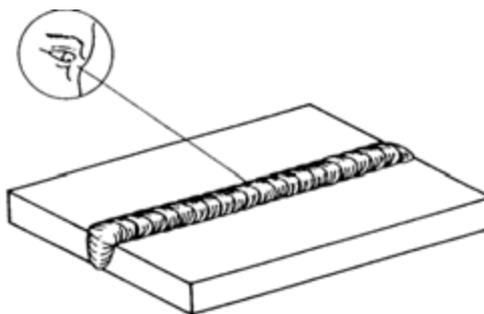
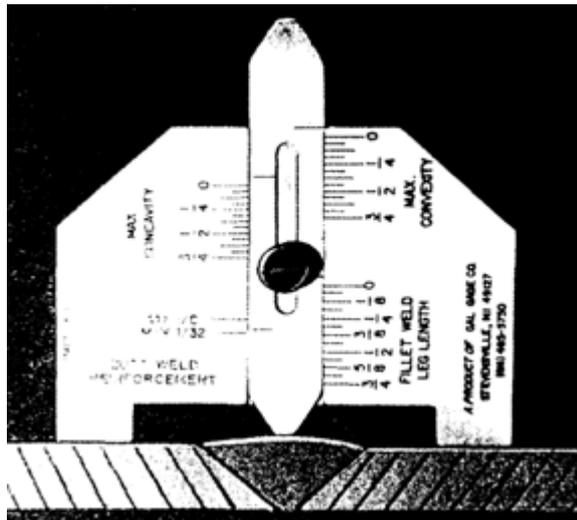
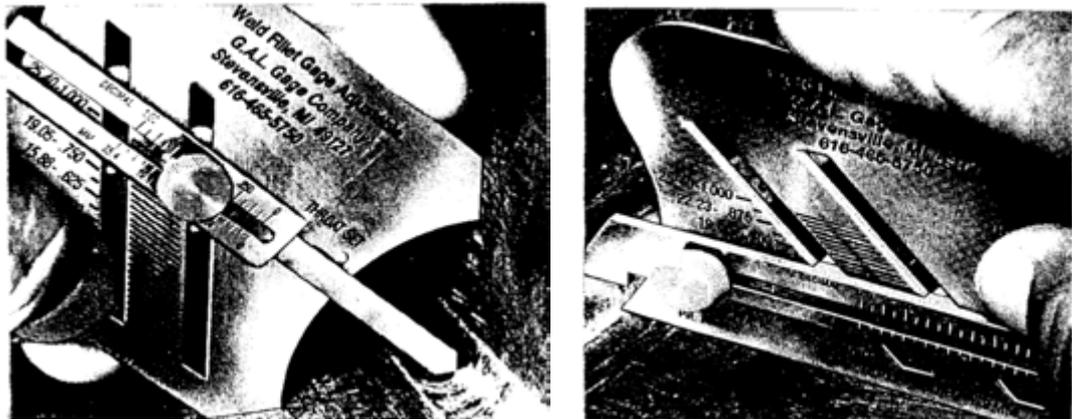
Pemeriksaan hasil las bertujuan untuk mengetahui kualitas suatu konstruksi. Konstruksi dengan kualitas yang jelek akan menyebabkan penambahan biaya untuk mengerjakan ulang, kehilangan kepuasan langganan dan beresiko terhadap keselamatan.

Seluruh konstruksi harus sering diperiksa selama proses pembuatan/ fabrikasi. Selanjutnya tergantung pada penggunaan komponen tersebut dan mungkin memerlukan tes khusus. Misalnya bahan benda kerja dan hasil las perlu dites baik secara merusak maupun dengan tidak merusak.

Tujuan pemeriksaan adalah untuk mengetahui apakah hasil pekerjaan telah sesuai dengan standar yang diakui.

Pemeriksaan hasil las secara visual (*visual inspection*) adalah salah satu metode untuk memeriksa hasil las dengan cara tanpa merusak (*non destructive*) yang keseluruhannya akan dibahas pada materi yang lain (selanjutnya).

Dalam pemeriksaan secara visual ini, operator atau petugas pemeriksa perlu menggunakan alat-alat bantu sederhana, yakni untuk melakukan pemeriksaan cacat las, ukuran hasil las, bentuk rigi las, dll.

Contoh pemeriksaan hasil las :

Gambar : Pengamatan Langsung

Gambar : Pemeriksaan Tinggi Rigi Las

7. Latihan Las Busur Manual Lanjutan

Pada kegiatan latihan las lanjutan ini, kalian akan mencoba menerapkan proses penyambungan pelat pada posisi dibawah tangan, yang meliputi sambungan sudut dan sambungan tumpul. Oleh sebab itu, yakinkan diri kalian bahwa kalian mengerti terhadap apa yang akan kalian lakukan. Jangan mencoba-mencoba tanpa terlebih dulu mendapat penjelasan da demonstrasi dari guru/ instruktur.

Latihan 3.4

Sambungan Sudut Posisi 1F (Satu jalur)

TUJUAN :

Setelah mempelajari dan berlatih membuat sambungan sudut (T) posisi di bawah tangan (1F) pada pelat baja karbon, kalian diharapkan akan mampu :

- Melakukan persiapan pengelasan, meliputi peralatan dan bahan praktik.
- Menjelaskan prosedur membuat sambungan T satu jalur posisi di bawah tangan / flat (1F).
- Membuat sambungan T satu jalur dengan kriteria :
  - ∗ lebar kaki las 6 mm
  - ∗ kaki las (*reinforcement*) seimbang
  - ∗ sambungan jalur rata
  - ∗ undercut maksimum 10 % dari panjang pengelasan
  - ∗ tidak ada overlap
  - ∗ perubahan bentuk / distorsi maksimum 5°.

ALAT DAN BAHAN :

1. Alat *:*

- Seperangkat peralataan las busur manual.
- Alat keselamatan dan kesehatan kerja kerja.
- Lembaran kerja/gambar kerja

2. Bahan :

- Pelat baja karbon ukuran 75 x 200 x 6 mm (1 buah)
- Pelat baja karbon ukuran 50 x 200 x 6 mm (1 buah)
- Elektroda E 6013, ∅ 3,2 mm

KESELAMATAN KERJA :

a. Periksa persambungan kabel-kabel las. Jaga agar tidak ada yang kurang kuat/ longgar.

b. Jauhkan benda-benda yang mudah terbakar dari lokasi pengelasan.

c. Gunakan alat keselamatan dan kesehatan kerja yang layak dan sesuai dengan fungsinya.

d. Jangan gunakan tang dan kabel las yang tidak terisolasi.

e. Bekerjalah pada ruang las dengan sirkulasi udara / ventilasi yang cukup.

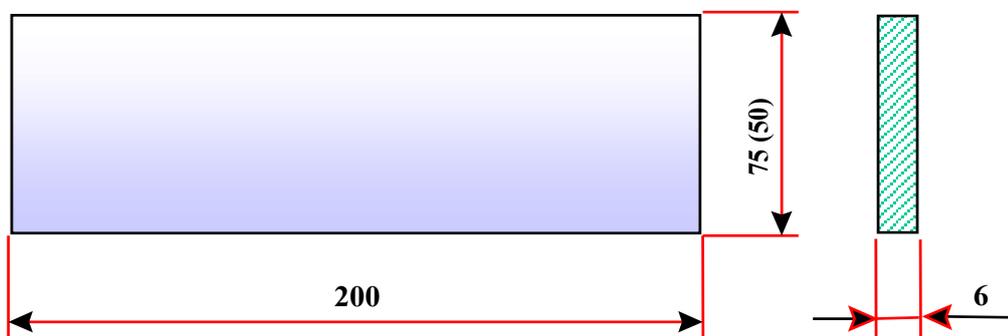
f. Usahakan ruang las/ tempat pengelasan tidak terbuka, sehingga cahaya las tidak mengganggu lingkungan/ orang lain yang berada di sekitar lokasi.

g. Bertanyalah pada Guru/ instruktor/ pembimbing jika ada hal-hal yang tidak dimengerti dalam melaksanakan pekerjaan.

h. Bersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja.

LEMBARAN KERJA :

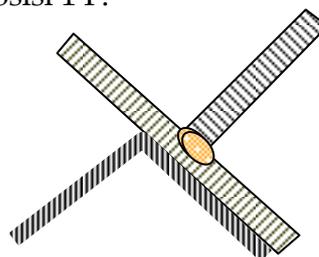
LANGKAH KERJA :

a. Menyiapkan 2 buah bahan /pelat baja lunak ukuran 75 x 150 x 6 mm dan 50 x 150 x 6 mm.

b. Membersihkan bahan dan hilangkan sisi-sisi tajamnya denga kikir atau grinda.

c. Merakit sambungan membentuk T (sudut 90°)

d. Membuat las catat pada ke dua ujung dan bersihkan hasil las catat menggunakan palu terak dan sikat baja.

e. Memeriksa kembali kesikuan sambungan.

f. Mengatur posisi benda kerja pada posisi 1 F.

g. Malakukan pengelasan sambungan T satu jalur menggunakan elektroda E 6013 ∅2,6mm atau ∅3,2mm.
h. Memeriksakan hasil pengelasan tiap jalur yang dikerjakan kepada pembimbing/ instruktor.
i. Mengulangi job tersebut jika hasil pengelasan belum mencapai kriteria minimum yang ditentukan.
j. Serahkan benda kerja pada pembimbing untuk diperiksa.

KRITERIA PENILAIAN HASIL LAS

Aspek yang Dinilai	Kriteria Penilaian	K	BK
Kaki las	• 6mm, ± 1,0mm • seimbang		
Sambungan jalur las	• rata dan berpadu • Perbedaan tinggi maks. 0,5mm		
Perubahan bentuk/ distorsi	Maksimum 5^o		
Rigi las	85% rata dan halus		
Cacat las	Maks. 4 mm^2		
Kebersihan	Bebas dari percikan dan terak		

K = Kompeten **BK** = Belum Kompeten

Latihan 3.5

Sambungan Sudut Posisi 1F (Tiga Jalur)

TUJUAN :

Setelah mempelajari dan berlatih membuat sambungan sudut (T) posisi di bawah tangan (1F)-tiga jalur pada pelat baja karbon, kalian diharapkan akan mampu :

- Melakukan persiapan pengelasan, meliputi peralatan dan bahan praktik.
- Menjelaskan prosedur membuat sambungan T tiga jalur posisi di bawah tangan / flat (1F).
- Membuat sambungan T satu jalur dengan kriteria :
  - ∗ lebar kaki las 8 mm (*throat* / T= 6 mm)
  - ∗ kaki las (*reinforcement*) seimbang
  - ∗ sambungan jalur rata
  - ∗ undercut maksimum 10 % dari panjang pengelasan
  - ∗ tidak ada overlap
  - ∗ perubahan bentuk / distorsi maksimum 5°.

ALAT DAN BAHAN :

1. Alat *:*

- Seperangkat peralataan las busur manual.
- Alat keselamatan dan kesehatan kerja kerja.
- Lembaran kerja/gambar kerja

2. Bahan :

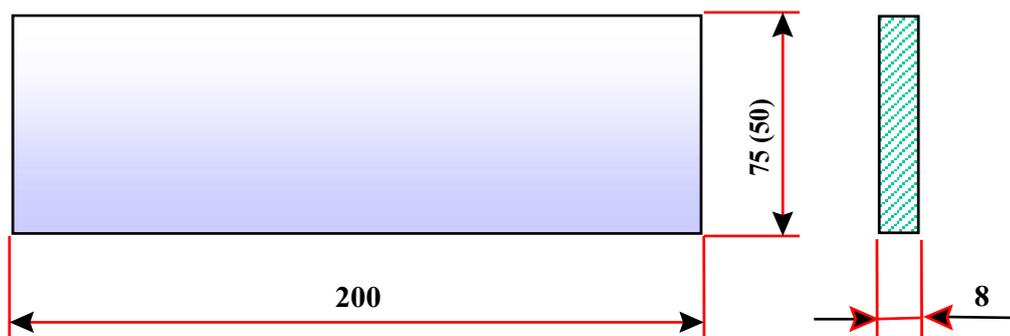
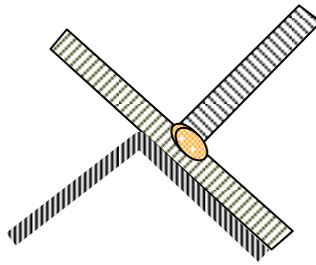
- Pelat baja karbon ukuran 75 x 200 x 8 mm (1 buah)
- Pelat baja karbon ukuran 50 x 200 x 8 mm (1 buah)
- Elektroda E 6013, ∅ 3,2 mm

KESELAMATAN KERJA :

a. Periksa persambungan kabel-kabel las. Jaga agar tidak ada yang kurang kuat/ longgar.
b. Jauhkan benda-benda yang mudah terbakar dari lokasi pengelasan.
c. Gunakan alat keselamatan dan kesehatan kerja yang layak dan sesuai dengan fungsinya.
d. Jangan gunakan tang dan kabel las yang tidak terisolasi.
e. Bekerjalah pada ruang las dengan sirkulasi udara / ventilasi yang cukup.
f. Usahakan ruang las/ tempat pengelasan tidak terbuka, sehingga cahaya las tidak mengganggu lingkungan/ orang lain yang berada di sekitar lokasi.
g. Bertanyalah pada Guru/ instruktor/ pembimbing jika ada hal-hal yang tidak dimengerti dalam melaksanakan pekerjaan.
h. Bersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja.

LEMBARAN KERJA :

LANGKAH KERJA :

1. Menyiapkan 2 buah bahan /pelat baja lunak ukuran 75 x 150 x 8 mm dan 50 x 150 x 8 mm.

2. Membersihkan bahan dan hilangkan sisi-sisi tajamnya denga kikir atau grinda.
3. Merakit sambungan membentuk T (sudut 90°)
4. Membuat las catat pada ke dua ujung dan bersihkan hasil las catat menggunakan palu terak dan sikat baja.
5. Memeriksa kembali kesikuan sambungan.
6. Mengatur posisi benda kerja pada posisi 1 F.

7. Malakukan pengelasan sambungan T tiga jalur menggunakan elektroda E 6013 ∅2,6mm atau ∅3,2mm.
8. Memeriksakan hasil pengelasan tiap jalur yang dikerjakan kepada pembimbing/ instruktor.
9. Mengulangi job tersebut jika hasil pengelasan belum mencapai kriteria minimum yang ditentukan.
10. Serahkan benda kerja pada pembimbing untuk diperiksa.

KRITERIA PENILAIAN HASIL LAS

Aspek yang Dinilai	Kriteria Penilaian	K	BK
Kaki las	• 8mm, ± 1,0mm (T= 6mm) • seimbang		
Sambungan jalur las	• rata dan berpadu • Perbedaan tinggi maks. 0,5mm		
Perubahan bentuk/ distorsi	Maksimum 5°		
Rigi las	• 85% rata dan halus • Beda permukaan maks. 0,5mm		
Cacat las	Maks. 4 mm^2		
Kebersihan	Bebas dari percikan dan terak		

K = Kompeten **BK** = Belum Kompeten

Latihan 3.6

Sambungan Sudut Posisi 2F (Tiga Jalur)

TUJUAN :

Setelah mempelajari dan berlatih membuat sambungan sudut (T) posisi mendatar (2F) pada pelat baja karbon, kalian diharapkan akan mampu :

- Melakukan persiapan pengelasan, meliputi peralatan dan bahan praktik.
- Menjelaskan prosedur membuat sambungan T tiga jalur posisi mendatar / horizontal (2F).
- Membuat sambungan T satu jalur dengan kriteria :
  - ∗ lebar kaki las 8 mm (T= 6mm)
  - ∗ kaki las (*reinforcement*) seimbang
  - ∗ sambungan jalur rata
  - ∗ undercut maksimum 10 % dari panjang pengelasan
  - ∗ tidak ada overlap
  - ∗ perubahan bentuk / distorsi maksimum 5°.

ALAT DAN BAHAN :

1. Alat :

- Seperangkat peralataan las busur manual.
- Alat keselamatan dan kesehatan kerja kerja.
- Lembaran kerja/gambar kerja

2. Bahan :

- Pelat baja karbon ukuran 75 x 200 x 8 mm (1 buah)
- Pelat baja karbon ukuran 50 x 200 x 8 mm (1 buah)
- Elektroda E 6013, ∅ 3,2 mm

KESELAMATAN KERJA :

a. Periksa persambungan kabel-kabel las. Jaga agar tidak ada yang kurang kuat/ longgar.
b. Jauhkan benda-benda yang mudah terbakar dari lokasi pengelasan.
c. Gunakan alat keselamatan dan kesehatan kerja yang layak dan sesuai dengan fungsinya.
d. Jangan gunakan tang dan kabel las yang tidak terisolasi.
e. Bekerjalah pada ruang las dengan sirkulasi udara / ventilasi yang cukup.
f. Usahakan ruang las/ tempat pengelasan tidak terbuka, sehingga cahaya las tidak mengganggu lingkungan/ orang lain yang berada di sekitar lokasi.
g. Bertanyalah pada Guru/ instruktor/ pembimbing jika ada hal-hal yang tidak dimengerti dalam melaksanakan pekerjaan.
h. Bersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja.

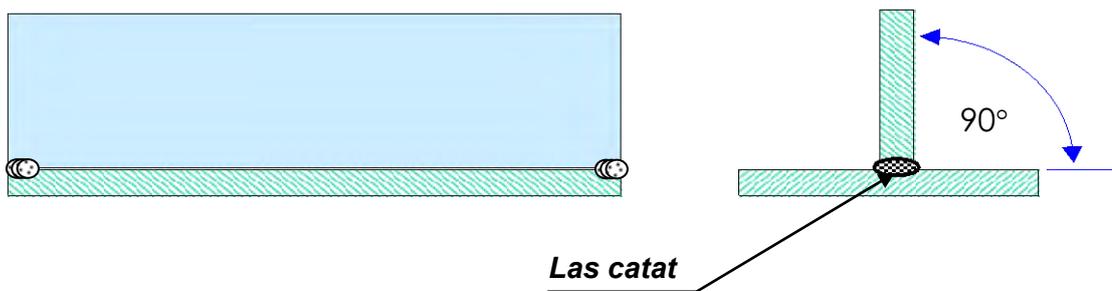
LEMBARAN KERJA :

LANGKAH KERJA :

a. Menyiapkan 2 buah bahan /pelat baja lunak ukuran 75 x 150 x 8 mm dan 50 x 150 x 8 mm.

b. Membersihkan bahan dan hilangkan sisi-sisi tajamnya denga kikir atau grinda.
c. Merakit sambungan membentuk T (sudut 90°)
d. Membuat las catat pada ke dua ujung dan bersihkan hasil las catat menggunakan palu terak dan sikat baja.

90°

Las catat

e. Memeriksa kembali kesikuan sambungan.
f. Mengatur posisi benda kerja pada posisi 2 F.
g. Malakukan pengelasan sambungan T tiga jalur menggunakan elektroda E 6013 ∅2,6mm atau ∅3,2mm.
h. Memeriksakan hasil pengelasan tiap jalur yang dikerjakan kepada pembimbing/ instruktor.
i. Mengulangi job tersebut jika hasil pengelasan belum mencapai kriteria minimum yang ditentukan.
j. Serahkan benda kerja pada pembimbing untuk diperiksa.

KRITERIA PENILAIAN HASIL LAS

Kriteria hasil las pada pengelasan sambungan sudut posisi 2F-tiga jalur sama dengan kriteria pada sambungan sudut posisi 1F-tiga jalur.

Latihan 3.7

Sambungan Slot Posisi 2F

TUJUAN :

Setelah mempelajari dan berlatih membuat sambungan *slot* posisi mendatar (2F) pada pelat baja karbon, kalian diharapkan akan mampu :

- melakukan persiapan pengelasan, meliputi peralatan dan bahan praktik;
- menjelaskan prosedur membuat sambungan slot posisi mendatar / horizontal (2F); dan
- membuat sambungan slot dengan kriteria :
  - * lebar kaki las 6 mm
  - * kaki las (*reinforcement*) seimbang
  - * sambungan jalur rata
  - * undercut maksimum 10 % dari panjang pengelasan
  - * tidak ada overlap
  - * perubahan bentuk / distorsi maksimum 5°.

ALAT DAN BAHAN :

1. Alat *:*

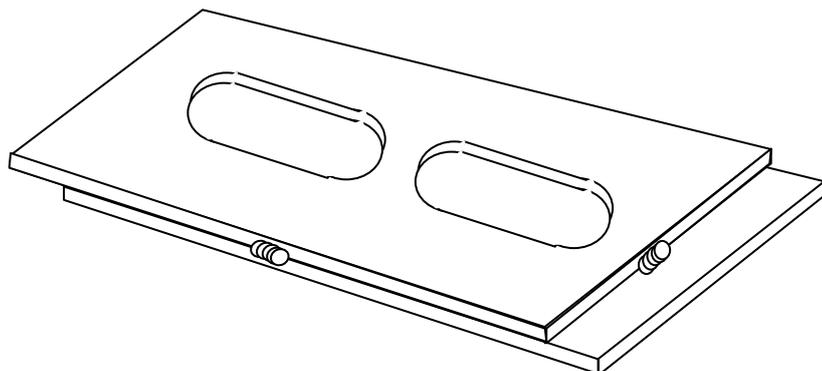
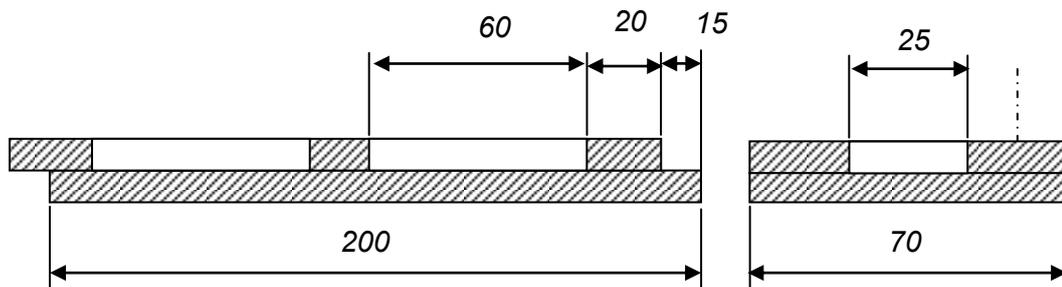
- Seperangkat peralataan las busur manual.
- Alat keselamatan dan kesehatan kerja.
- Lembaran kerja/gambar kerja

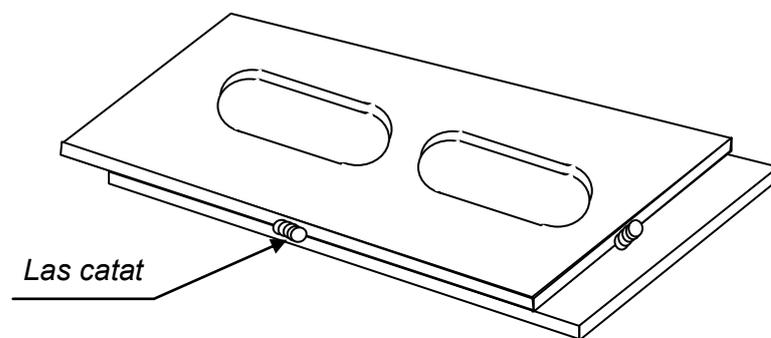
2. Bahan :

- Pelat baja karbon ukuran 70 x 200 x 6 mm (2 buah)
- Elektroda E 6013, ∅ 3,2 mm

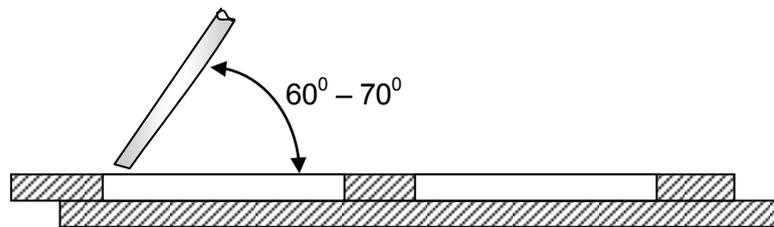
KESELAMATAN KERJA :

a. Periksa persambungan kabel-kabel las. Jaga agar tidak ada yang kurang kuat/ longgar.
b. Jauhkan benda-benda yang mudah terbakar dari lokasi pengelasan.
c. Gunakan alat keselamatan dan kesehatan kerja yang layak dan sesuai dengan fungsinya.
d. Jangan gunakan tang dan kabel las yang tidak terisolasi.
e. Bekerjalah pada ruang las dengan sirkulasi udara / ventilasi yang cukup.
f. Usahakan ruang las/ tempat pengelasan tidak terbuka, sehingga cahaya las tidak mengganggu lingkungan/ orang lain yang berada di sekitar lokasi.
g. Bertanyalah pada guru/ instruktor/ pembimbing jika ada hal-hal yang tidak dimengerti dalam melaksanakan pekerjaan.
h. Bersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja.

GAMBAR KERJA :

LANGKAH KERJA :

a. Menyiapkan 2 buah bahan /pelat baja lunak ukuran 70 x 200 x 6 mm yang salah satunya telah dibuat lubang slot ukuran ∅ 25 x 60 mm
b. Membersihkan bahan dan hilangkan sisi-sisi tajamnya dengan kikir atau grinda.
c. Memeriksa kesiapan peralatan kerja, termasuk perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja las.
d. Mengatur arus pengelasan antara 90 – 120 Amper.
e. Mengatur peletakan benda kerja sesuai dengan posisi pengelasan (gambar kerja).
f. Membuat las catat sepanjang 10 – 15 mm pada tiap sisi pertemuan kedua kepingan bahan dan yakinkan bahwa kedua kepingan tersebut rapat dan sejajar.

g. Membersihkan hasil las catat menggunakan palu terak dan sikat baja.

h. Mengatur posisi benda kerja pada posisi 2F.

i. Malakukan pengelasan sambungan slot sepanjang kaki alur (slot) menggunakan elektroda E 6013 ∅3,2mm dengan sudut elektroda antara $60^0 – 70^0$.

$60^0 – 70^0$

j. Memeriksakan hasil pengelasan yang dikerjakan kepada pembimbing/ instruktor.

k. Mengulangi pekerjaan tersebut jika hasil pengelasan belum mencapai kriteria minimum yang ditentukan.

l. Serahkan benda kerja pada pembimbing untuk diperiksa.

KRITERIA PENILAIAN HASIL LAS

Aspek yang Dinilai	Kriteria Penilaian	K	BK
Kaki las	• 6mm tol. +2, - 0mm • seimbang		
Sambungan jalur las	• rata dan berpadu • Perbedaan tinggi maks. 0,5mm		
Perubahan bentuk/ distorsi	Maksimum 5^o		
Rigi las	85% rata dan halus		
Cacat las	Maks. 4 mm^2		
Kebersihan	Bebas dari percikan dan terak		

K = Kompeten **BK** = Belum Kompeten

Latihan 3.8

Sambungan Tumpul Kampuh V Posisi 1G (Double Side)

TUJUAN :

Setelah mempelajari dan berlatih membuat sambungan tumpul kampuh V dilas dua sisi (*V-butt double side*) posisi di bawah tangan (1G) pada pelat baja karbon, kalian diharapkan akan mampu :

- melakukan persiapan pengelasan, meliputi peralatan dan bahan praktik;
- menjelaskan prosedur membuat sambungan tumpul kampuh V posisi di bawah tangan/ flat (1G); dan
- membuat sambungan tumpul kampuh V dilas dua sisi dengan kriteria :
  - lebar jalur las 2 mm dari pinggir kampuh (11 mm)
  - tinggi jalur las 2 mm
  - sambungan jalur rata
  - beda permukaan jalur maksimum 1 mm
  - *undercut* maksimum 0,5 mm x 15%
  - tidak ada *overlap*
  - perubahan bentuk / distorsi maksimum 5°.
  - Terak / catat las pada permukaan las maksimum 4 mm².

ALAT DAN BAHAN :

1. Alat *:*

- Seperangkat peralataan las busur manual.
- Alat keselamatan dan kesehatan kerja.
- Lembaran kerja/gambar kerja

2. Bahan *:*

- Pelat baja karbon ukuran 75 x 200 x 6 mm (2 buah), bevel 30° - 35°
- Elektroda E 6013, ∅ 2,6 dan 3,2 mm

KESELAMATAN KERJA :

- Periksa persambungan kabel-kabel las. Jaga agar tidak ada yang kurang kuat/ longgar.
- Jauhkan benda-benda yang mudah terbakar dari lokasi pengelasan.
- Gunakan alat keselamatan dan kesehatan kerja yang layak dan sesuai dengan fungsinya.
- Jangan gunakan tang dan kabel las yang tidak terisolasi.
- Bekerjalah pada ruang las dengan sirkulasi udara / ventilasi yang cukup.
- Usahakan ruang las/ tempat pengelasan tidak terbuka, sehingga cahaya las tidak mengganggu lingkungan/ orang lain yang berada di sekitar lokasi.
- Bertanyalah pada instruktor/ pembimbing jika ada hal-hal yang tidak dimengerti dalam melaksanakan pekerjaan.
- Bersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja.

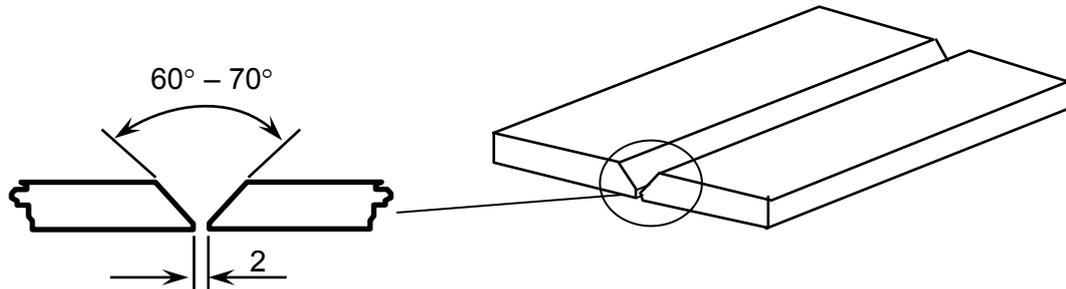
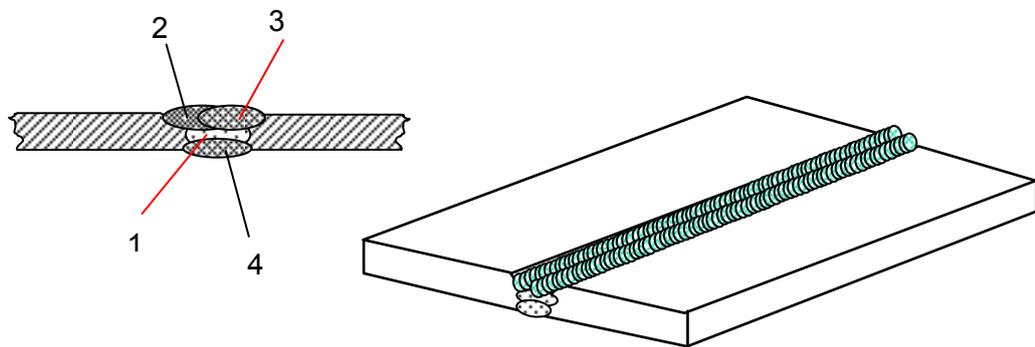
LEMBARAN KERJA :

Persiapan :

60° – 70°

2

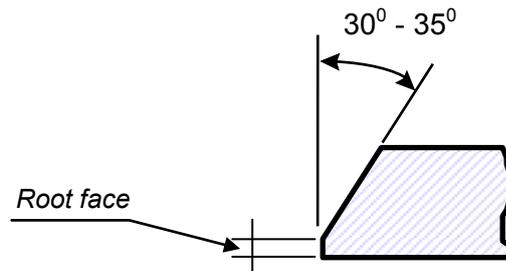
Hasil :

2 3 1 4

LANGKAH KERJA :

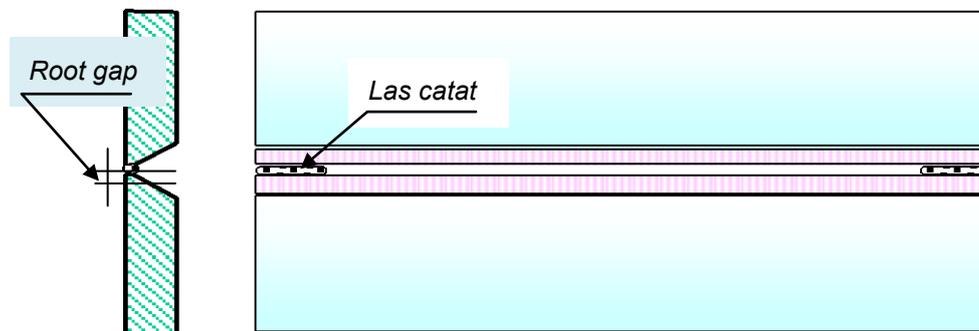
a. Memeriksa kesiapan peralatan kerja, termasuk perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja las.

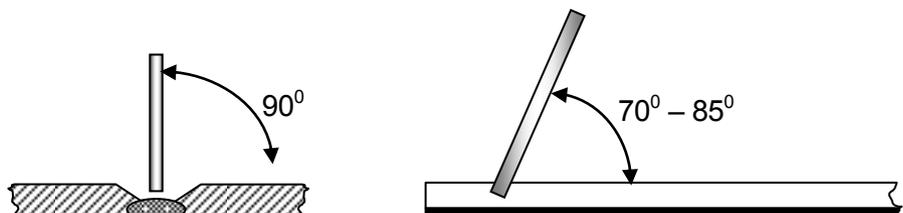
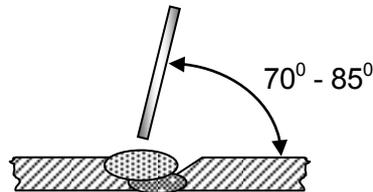
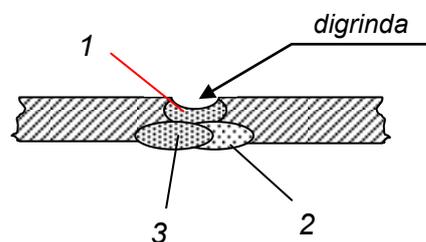
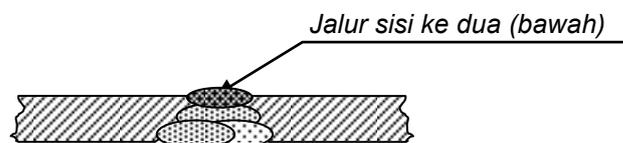
b. Menyiapkan 2 buah bahan pelat baja lunak ukuran 75 x 200 x 6 mm yang kedua sisi panjangnya telah dibevel 30^0 - 35^0.

c. Membersihkan bahan dan hilangkan sisi-sisi tajamnya dengan kikir atau grinda.

d. Membuat *root face* selebar 1 – 3 mm dengan menggunakan grinda dan kikir, dan yakinkan bahwa kedua *bevel* tersebut sama besar dan rata/ sejajar satu sama lainnya.

e. Mengatur arus pengelasan antara 90 – 120 Ampere.

f. Mengatur peletakan benda kerja sesuai dengan posisi pengelasan (sesuai gambar kerja).

g. Membuat las catat sepanjang 10 – 15 mm pada kedua ujung bahan dan yakinkan bahwa kedua kepingan tersebut rapat dan sejajar dengan jarak *root gap* 1 – 3 mm.

h. Membersihkan hasil las catat menggunakan palu terak dan sikat baja. Jika berlebihan, ratakan dengan grinda potong (*cutting disk*).

i. Melakukan pengelasan jalur pertama (*root*) sambungan tumpul kampuh V menggunakan elektroda E 6013 ∅3,2 mm atau ∅2,6 mm dengan sudut elektroda antara 70^0 – 85^0 tanpa diayun.

j. Melakukan pengelasan jalur kedua dan ketiga menggunakan elektroda E 6013 ∅ 3,2 mm dengan sudut elektroda 70° - 85° terhadap sisi pengelasan.

k. Membalik benda kerja, kemudian grinda akar las (*root*) selebar ± 5 mm dengan kedalaman 2 – 3 mm atau sampai kelihatan jalur akar secara merata.

l. Melakukan pengelasan pada sisi bawah (satu jalur) dengan menggunakan elektroda yang sama tanpa diayun.

m. Memeriksakan hasil pengelasan yang dikerjakan kepada pembimbing/ instruktor.

n. Mengulangi pekerjaan tersebut jika hasil pengelasan belum mencapai kriteria minimum yang ditentukan.

o. Serahkan benda kerja pada pembimbing untuk diperiksa.

KRITERIA PENILAIAN HASIL LAS

Aspek yang Dinilai	Kriteria Penilaian	K	BK
Lebar jalur las	11 mm, ± 2 mm		
Tinggi jalur las	2 mm, ± 1,0 mm		
Undercut	Maksimum 0,5 mm x 15%		
Overlap	Tidak ada *overlap*		
Sambungan jalur las	• rata dan berpadu • Perbedaan tinggi maks. 0,5mm		
Perubahan bentuk/ distorsi	Maksimum 5^o		
Cacat las	Maks. 4 mm^2		
Kebersihan	Bebas dari percikan dan terak		

K = Kompeten **BK** = Belum Kompeten

Latihan 3.9

Sambungan Tumpul Kampuh V Posisi 1G (Single Side)

TUJUAN :

Setelah mempelajari dan berlatih membuat sambungan tumpul kampuh V dilas satu sisi posisi di bawah tangan (1G) pada pelat baja karbon, kalian diharapkan akan mampu:

- melakukan persiapan pengelasan, meliputi peralatan dan bahan praktik;
- menjelaskan prosedur membuat sambungan tumpul kampuh V dilas satu sisi (*V-butt single side*) posisi flat (1G); dna
- membuat sambungan tumpul kampuh V dilas satu sisi dengan kriteria :
  - lebar jalur las 2 mm dari pinggir kampuh (16 mm)
  - tinggi jalur las 2 mm
  - sambungan jalur rata
  - beda permukaan jalur maksimum 1 mm
  - *undercut* maksimum 0,5 mm x 10%
  - tidak ada *overlap*
  - perubahan bentuk / distorsi maksimum 5°.
  - Terak / catat las pada permukaan las maksimum 4 mm^2.

ALAT DAN BAHAN

1. **Alat :**
   - Seperangkat mesin las busur manual (siap pakai)
   - Peralatan bantu pengelasan.
   - Mesin grinda
   - Batu grinda potong(*cutting disk*) ∅ 100 x t. 2 mm)
   - Peralatan keselamatan & kesehatan kerja
2. **Bahan :**
   - Pelat baja lunak, ukuran 80 x 200 x 10 mm, 2 buah; dibevel 30^0- 35^0
   - Elektroda jenis rutile (E 6013), ∅2,6 dan ∅3,2 mm
   - Elektroda jenis *cellulose* (E 6010/11), ∅2,6 mm atau ∅3,2 mm.

KESELAMATAN KERJA :

a. Periksa persambungan kabel-kabel las. Jaga agar tidak ada yang kurang kuat/ longgar.
b. Jauhkan benda-benda yang mudah terbakar dari lokasi pengelasan.
c. Gunakan alat keselamatan dan kesehatan kerja yang layak dan sesuai dengan fungsinya.
d. Jangan gunakan tang dan kabel las yang tidak terisolasi.
e. Bekerjalah pada ruang las dengan sirkulasi udara / ventilasi yang cukup.
f. Usahakan ruang las/ tempat pengelasan tidak terbuka, sehingga cahaya las tidak mengganggu lingkungan/ orang lain yang berada di sekitar lokasi.
g. Bertanyalah pada Instruktor/ pembimbing jika ada hal-hal yang tidak dimengerti dalam melaksanakan pekerjaan.
h. Bersihkan alat dan tempat kerja setelah selesai bekerja.

LEMBARAN KERJA :

Persiapan :

60° – 70°

2

Hasil :

capping

5

6

7

3

2

4

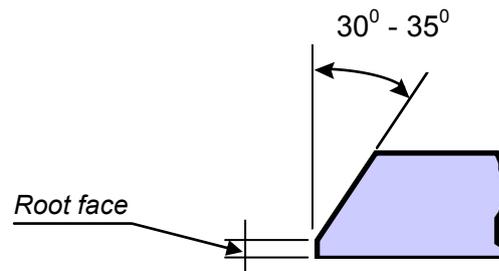
1 = root

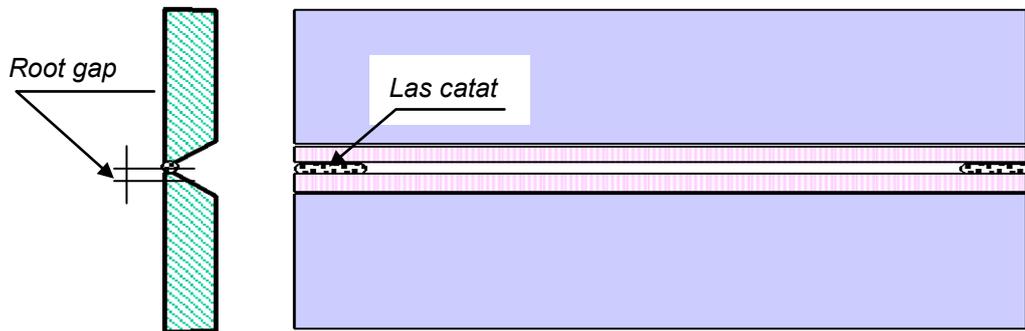
LANGKAH KERJA :

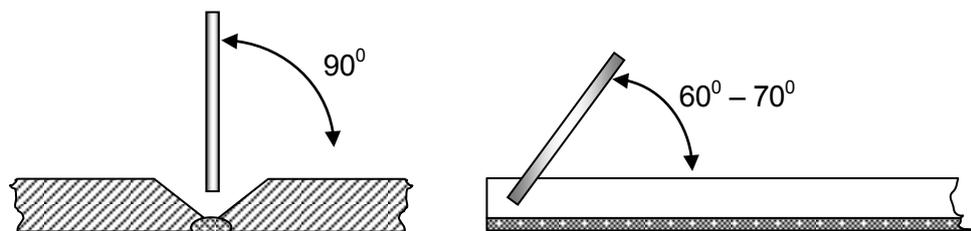
a. Memeriksa kesiapan peralatan kerja, termasuk perlengkapan keselamatan dan kesehatan kerja las.

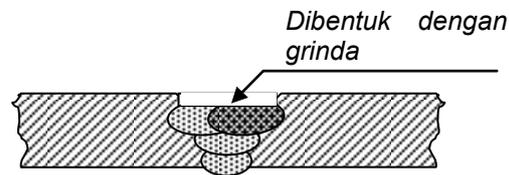
b. Menyiapkan 2 buah bahan /pelat baja lunak ukuran 80 x 200 x 10mm dibevel 30^0 - 35^0.

c. Membersihkan bahan dan hilangkan sisi-sisi tajamnya dengan kikir atau grinda.

d. Membuat *root face* selebar 1 – 2 mm dengan menggunakan grinda dan kikir, dan yakinkan bahwa kedua *bevel* tersebut sama besar dan rata/ sejajar satu sama lainnya.

e. Mengatur peletakan benda kerja sesuai dengan posisi pengelasan (sesuai gambar kerja).

f. Membuat las catat (*tack weld*) sepanjang 10 – 15 mm pada kedua ujung bahan dan yakinkan bahwa kedua kepingan tersebut rapat dan sejajar dengan jarak *root gap* 1 – 2 mm.

g. Membersihkan hasil las catat menggunakan palu terak dan sikat baja. Jika berlebihan, ratakan dengan grinda potong (*cutting disk*).

h. Melakukan pengelasan jalur pertama (*root*) sambungan tumpul kampuh V menggunakan elektroda E 6010/11 ∅2,6 atau ∅3,2 mm dengan sudut elektroda antara $60^0 – 70^0$ tanpa diayun.

i. Melakukan pengelasan jalur kedua (pengisian) dan seterusnya menggunakan elektroda E 6013 ∅3,2 mm dengan memperhatikan urutan pengelasan.

j. Melakukan pengelasan jalur terakhir (*capping*), yang terlebih dahulu dirapikan/ diratakan dengan grida potong dengan lebar ± 14 mm (selebar persiapan/ kampuh las) dan kedalaman antara 0,5 - 1 mm.

Dibentuk dengan grinda

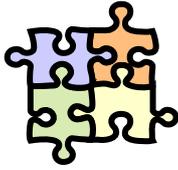
k. Memeriksakan hasil pengelasan yang dikerjakan kepada pembimbing/ instruktor.

l. Mengulangi pekerjaan tersebut jika hasil pengelasan belum mencapai kriteria minimum yang ditentukan.

m. Serahkan benda kerja pada pembimbing untuk diperiksa.

KRITERIA PENILAIAN HASIL LAS

Aspek yang Dinilai	**Kriteria Penilaian**	**K**	**BK**
Lebar jalur las	• 16mm,tol. ± 2mm		
Tinggi jalur las	• 2mm, tol. ± 1mm		
Sambungan jalur las	• rata dan berpadu • Perbedaan tinggi maks. 0,5mm		
Perubahan bentuk/ distorsi	Maksimum 5^o		
Undercut	Maks. 0,5mm x 10%		
Overlap	Tidak ada overlap		
Rigi las	85% rata dan halus		
Cacat las	Maks. 4 mm^2		
Kebersihan	Bebas dari percikan dan terak		

K = Kompeten **BK** = Belum Kompeten

Tugas Proyek

Tugas proyek ini adalah untuk melatih kalian agar memiliki kemampuan untuk meneliti tentang sesuatu hal yang menarik dan berhubungan dengan materi yang sedang dipelajari dalam satu semester.

Melalui tugas proyek, kalian juga akan dapat mengembangkan pengetahuan, sikap dan keterampilan, serta dapat mengaplikasikannya dalam kehidupan sehari-hari atau untuk pengembangan IPTEK.

Di samping itu, kalian memiliki kesempatan untuk berbagi dan mengkomunikasikan hasil tugas proyek kepada teman-teman lain, guru, dan masyarakat luas.

Oleh sebab itu, lakukanlah langkah-langkah berikut agar kalian dapat menghasilkan tugas proyek ini dengan baik.

- *Bentuk kelompol kerja proyek antara 2-3 orang/ kelompok.*
- *Pilihlah topik yang menarik untuk diteliti, atau mintalah guru/ pembimbing kalian untuk memberikan contoh-contoh untuk membuka "ide".*
- *Rumuskan judul (misalnya: "***Pengaruh Besaran Arus Las terhadap Terjadinya Undercut"***).*
- *Buatlah dan diskusikan sistematika penulisan dengan guru/ pembimbing.*
- *Buatlah rancangan/ proposal pengerjaan tugas proyek, dengan mempertimbangkan ketersediaan dana, waktu, sarana, dan kemampuan.*
- *Jika perlu, presentasikanlah proposal kalian kepada teman-teman/ guru.*
- *Buatlah "lock book" (catatan harian) kegiatan penelitian kalian secara sistematis.*
- *Susunlah laporan hasil penelitian (tugas proyek) sesuai sitematika yang telah disepakati.*
- *Presentasikan hasil penelitian kepada teman-teman dan guru.*

SELAMAT BERKARYA

DAFTAR PUSTAKA

Edgin, Charles A. (1982). *General Welding*. John Wiley & Sons

NSW TAFE. (1990). *Welding and Thermal Cutting*: NSW TAFE

________ (2000). *Manual Metal Arc Welding-3*. Southern Sydney Institute NSW: Manufacturing and Engineering Education Services Devision

Sani, Rizal (1990), *Las Busur Manual 1*. PPPG Teknologi Bandung

________ (2004), *Teknik Las Busur Manual Lanjut-1*. PPPPTK BMTI: Bandung

________ (2012), *Teknik Pemotongan dengan Panas*. PPPPTK BMTI: Bandung

The Lincoln Electric Company (1973). *The Procedure Handbook of Arc Welding:* The Lincoln Electric Company

Witjaksono, U. (1997). *Pengoperasian Peralatan Las Oksi Asetilin*. PPPG Teknologi Bandung